

# **DESENFUMAGEM (CONTROLO DE FUMO) EM EDIFÍCIOS DE GRANDE EXTENSÃO.**

**MIGUEL ALEXANDRE PINELO FERNANDES**

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS**

---

Orientador: Professor Doutor João Lopes Porto

JULHO DE 2008

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À Família.

*«Os humildes são como a pedra:  
está no chão mas é sólida.  
Os orgulhosos são como o fumo:  
é alto mas dissipa-se.»*

*Santo Agostinho*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao longo da execução deste trabalho senti de forma muito clara alguns apoios e estímulos que me levam agora a deixar aqui os meus sinceros agradecimentos.

Ao meu orientador Professor João Lopes Porto agradeço profundamente o seu constante apoio, a enorme disponibilidade demonstrada para o esclarecimento de dúvidas e dificuldades relativas ao caminho a seguir. Não posso esquecer os diálogos científicos que me proporcionou e o quanto com eles aprendi.

Aos meus Pais por todo o carinho, amizade e por todas as condições que me proporcionaram para poder realizar este trabalho da melhor forma.

À minha irmã pelo ânimo e apoio constantes.

A todos os meus amigos pelo apoio imprescindível com que me brindaram nos momentos de maior desalento.

## **RESUMO**

Durante a ocorrência de um incêndio a produção de fumo e a sua consequente propagação, dadas as suas características físicas e químicas, gera um ambiente adverso à permanência dos ocupantes do edifício e aos bombeiros na acção de combate ao incêndio. O escoamento do fumo no interior do edifício pode atingir num curto período de tempo locais afastados do espaço de origem do incêndio, ameaçando as vidas humanas presentes no edifício, devido ao risco de inalação de fumo.

O controlo de fumo, através de métodos adequados e disposições construtivas apropriadas, constitui um procedimento fulcral, para que numa fase inicial do incêndio, se possam evitar vítimas humanas e reduzir danos materiais, na medida em que se facilita por um lado a evacuação dos ocupantes e por outro a intervenção e acção das entidades responsáveis pelo combate ao incêndio.

Neste trabalho são abordados os métodos de controlo do escoamento do fumo em edifícios, bem como as medidas exigidas pelo projecto de Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndio em Edifícios (RG - SCIE), para garantia de segurança face à libertação de fumo em caso de ocorrência de um incêndio no interior de um edifício. É ainda realizada a aplicação prática do controlo de fumo (desenfumagem) a um edifício industrial de grande extensão.

**PALAVRAS-CHAVE:** FUMO, CONTROLO, DESENFUMAGEM, EVACUAÇÃO, SEGURANÇA.

## **ABSTRACT**

During the occurrence of a fire the produce of smoke and the consequent spread due to its physical and chemical characteristics, develops a hostile environment for the building users and firefighters in action.

The smoke often flows inside the building to locations remote from the fire in a short period of time, threatening human lives due to of the risk of inhalation of smoke.

The smoke control by adequate methods and constructive measures is a key procedure so that at an early stage of the fire, can prevent human victims and reduce property damage, because it will make evacuation of occupants and action of firefighters easier.

In this text the smoke control in buildings is analysed and the implementation of techniques to buildings required by the RG – SCIE (regulation general against fire in buildings) is detailed.

Lastly, is made a practical application of the control of smoke (smoke exhaustion) to an industrial building of great extension.

**KEYWORDS:** SMOKE, CONTROL, SMOKE EXHAUSTION, EVACUATION, SECURITY.

## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO .....	iii
ABSTRACT .....	v

## 1. INTRODUÇÃO .....

1
---

1.1. INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS .....	1
-----------------------------------	---

1.2. FUMO EM EDIFÍCIOS .....	2
------------------------------	---

1.3. OBJECTIVOS DO CONTROLO DE FUMO EM EDIFÍCIOS .....	5
--	---

1.4. CAUSAS DOS INCÊNDIOS .....	6
---------------------------------	---

1.5. CARACTERIZAÇÃO DA CAMADA DE FUMO .....	7
---	---

1.6. DOMÍNIO DE APLICAÇÃO DO PROJECTO DE REGULAMENTO GERAL DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS (RG – SCIE) .....	10
---	----

## 2. MÉTODOS DE CONTROLO DE FUMO .....

13
----

## 3. VARRIMENTO PASSIVO .....

15
----

3.1. EFEITO CHAMINÉ .....	15
---------------------------	----

3.2. ENTRADAS DE AR FRESCO .....	18
----------------------------------	----

3.3. SAÍDAS DE FUMO .....	19
---------------------------	----

3.4. ABORDAGEM AO PROJECTO DE RG – SCIE .....	20
---	----

3.4.1. ADMISSÃO DE AR .....	20
-----------------------------	----

3.4.2. EVACUAÇÃO DE FUMO .....	20
--------------------------------	----

3.4.3. CONTROLO DE FUMO NOS PÁTIOS E PISOS OU VIAS CIRCUNDANTES .....	21
---	----

3.4.4. CONTROLO DE FUMO NOS LOCAIS SINISTRADOS .....	21
--	----

3.4.5. CONTROLO DE FUMO NAS VIAS HORIZONTAIS DE EVACUAÇÃO .....	22
---	----

3.4.6. CONTROLO DE FUMO NAS VIAS VERTICAIS DE EVACUAÇÃO .....	22
---	----

3.5. CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS .....	23
--------------------------------------	----

3.6. EQUIPAMENTOS DE CONTROLO DE FUMO .....	24
---	----

3.6.1. BARREIRAS DE CANTONAMENTO .....	24
--	----

3.6.2. EXUTORES DE FUMO E VÃOS DE FACHADA .....	30
---	----

3.6.3. GRELHAS, BOCAS E CONDUTAS PARA ADMISSÃO DE AR E EXTRACÇÃO DE FUMO .....	34
--	----

3.7. CÁLCULO DA ÁREA ÚTIL DA INSTALAÇÃO .....	36
---	----

3.7.1. EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS .....	40
------------------------------------	----

3.7.2. EDIFÍCIOS RECEBENDO PÚBLICO .....	42
<b>3.8. MONTAGEM E COMANDO DE EXUTORES DE FUMO E VÃOS DE FACHADA .....</b>	<b>43</b>
3.8.1. MONTAGEM DE EXUTORES E VÃOS DE FACHADA.....	43
3.8.2. COMANDO DE EXUTORES E VÃOS DE FACHADA.....	45
3.8.2.1. Comando mecânico.....	46
3.8.2.2. Comando electromagnético.....	47
3.8.2.3. Comando eléctrico.....	47
3.8.2.4. Comando electrónico.....	48
3.8.2.5. Comando pneumático .....	49
3.8.2.6. Comando hidráulico.....	49
3.8.2.7. Análise final dos sistemas de comando .....	49
<b>3.9. CONCLUSÕES .....</b>	<b>50</b>
<b>4. VARRIMENTO ACTIVO .....</b>	<b>51</b>
4.1. INTRODUÇÃO AO MÉTODO .....	51
4.2. CONTROLO DE FUMO ACTIVO COM PRESSURIZAÇÃO .....	51
4.3. ABORDAGEM AO PROJECTO DE RG – SCIE .....	52
4.3.1. ENTRADAS DE AR .....	52
4.3.2. DIMENSIONAMENTO.....	52
4.3.3. COMANDO DAS INSTALAÇÕES.....	52
4.3.4. CONTROLO DE FUMO NOS PÁTIOS INTERIORES E PISOS OU VIAS CIRCUNDANTES .....	52
4.3.5. CONTROLO DE FUMO NOS LOCAIS SINISTRADOS .....	52
4.3.6. CONTROLO DE FUMO NAS VIAS HORIZONTAIS DE EVACUAÇÃO .....	53
4.3.7. CONTROLO DE FUMO NAS VIAS VERTICAIS DE EVACUAÇÃO.....	53
4.4. CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS.....	53
4.5. EQUIPAMENTOS DE CONTROLO ACTIVO DE FUMO .....	53
4.6. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE CONTROLO ACTIVO DE FUMO .....	55
4.6.1. ENTRADAS DE AR .....	55
4.6.2. SAÍDAS DE FUMO.....	55
4.6.3. CAUDAIS DE AR E FUMO .....	55
4.6.4. BOCAS DE CONDUTAS.....	55
4.6.5. CONDUTAS DE AR E FUMO.....	56
4.6.6. INSUFLADORES DE AR FRESCO E EXTRACTORES DE FUMO.....	57



<b>4.7. CONTROLO DE FUMO EM VIAS HORIZONTAIS DE EVACUAÇÃO</b>	58
<b>4.8. CONCLUSÕES</b>	59

<b>5. PRESSURIZAÇÃO</b>	61
5.1. INTRODUÇÃO HISTÓRICA	61
5.2. PRINCÍPIOS DE CONTROLO DE FUMO	61
5.3. ABORDAGEM AO PROJECTO DE RG – SCIE	62
5.4. FLUXO DE AR E PRESSURIZAÇÃO	63
5.5. PRESSURIZAÇÃO DA CAIXA DE ESCADAS	68
5.6. CONCLUSÕES	69

<b>6. CONCLUSÕES FINAIS</b>	71
6.1. CONCLUSÕES	71

<b>7. APLICAÇÃO PRÁTICA A UM EDIFÍCIO INDUSTRIAL</b>	
7.1. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO	73
7.2. SOLUÇÃO DE CONTROLO DE FUMO ADOPTADA	78
7.3. DIMENSIONAMENTO E JUSTIFICAÇÃO DE CÁLCULOS	78
7.3.1. NAVE FABRIL	78
7.3.1.1. Cantões de desenfumagem	78
7.3.1.2. Barreiras de cantonamento e exdutores de fumo e/ou vãos de fachada	80
7.3.1.3. Entradas de ar	91
7.3.2. SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS E SOCIAIS	96
7.3.2.1. Dimensionamento das aberturas para saída de fumo	96
7.3.2.2. Dimensionamento das aberturas para a entrada de ar	117
7.3.3. ARMAZENAMENTO	121
7.4. CONCLUSÕES	123
BIBLIOGRAFIA	124

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> – Incêndio num edifício de grande volume de cobertura horizontal, com dois cantões de desenfumagem .....	2
<b>Figura 1.2</b> – Evolução de um incêndio no interior de um edifício de grandes dimensões sem sistema de desenfumagem .....	3
<b>Figura 1.3</b> – Relação entre o tempo que decorre até ser atingido o limite da dor e da queima em função do fluxo de calor radiado, com base nas expressões de Stoll e Chianta, 1969.....	5
<b>Figura 1.4</b> – Corte e planta de um edifício com cobertura a duas águas e respectivos diagramas de pressões devido a acção do vento .....	10
<b>Figura 3.1</b> – Sistema de desenfumagem passivo .....	15
<b>Figura 3.2</b> – Diferenças de pressão devido ao efeito chaminé .....	16
<b>Figura 3.3</b> – Movimento do ar devido ao efeito chaminé .....	16
<b>Figura 3.4</b> – Movimento natural do ar provocado pelo efeito de tiragem térmica .....	17
<b>Figura 3.5</b> – Grelha metálica para admissão de ar .....	19
<b>Figura 3.6</b> – Varrimento passivo com aberturas para saída de fumo através de exutores .....	19
<b>Figura 3.7</b> – Varrimento passivo com aberturas de fumo através de vãos de fachada .....	20
<b>Figura 3.8</b> – Simulação computacional de um incêndio num edifício .....	25
<b>Figura 3.9</b> – Barreiras móveis para controlo do movimento de fumo .....	26
<b>Figura 3.10</b> – Cortina para controlo de fumo .....	26
<b>Figura 3.11</b> – Cortinas móveis .....	27
<b>Figura 3.12</b> – Fases de actuação da tela de protecção ao fumo .....	28
<b>Figura 3.13</b> – Interruptor de rebobinação da tela .....	28
<b>Figura 3.14</b> – Esquema da porta de elevador dotada de tela para controlo de fumo .....	28
<b>Figura 3.15</b> – Controlo do movimento de fumo em estádio de futebol e edifício industrial .....	29
<b>Figura 3.16</b> – Instalação industrial dotada de barreira de cantonamento .....	29
<b>Figura 3.17</b> – Cortina de fumo horizontal .....	29
<b>Figura 3.18</b> – Exutores para saída de fumo. Exutor tipo clarabóia e exutor tipo persiana .....	30
<b>Figura 3.19</b> – Vão de fachada para parede externa de um edifício .....	32
<b>Figura 3.20</b> – Cálculo do desnível $\Delta h$ .....	33
<b>Figura 3.21</b> – Posição de aberturas de extracção de fumo e admissão e ar .....	35
<b>Figura 3.22</b> – Distância de uma saída de um local de risco .....	36
<b>Figura 3.23</b> – Distância de aberturas de admissão e extracção por controlo passivo .....	36
<b>Figura 3.24</b> – Localização do exutor em função da direcção predominante do vento .....	44
<b>Figura 3.25</b> – Locais desenfumados passivamente .....	44

<b>Figura 3.26</b> – Sistema de comando manual através de comando mecânico por alavanca e manivela	47
<b>Figura 3.27</b> – Botão de premir para activação do sistema de comando .....	47
<b>Figura 3.28</b> – Sistema de comando manual eléctrico para abertura e fecho do exutor .....	48
<b>Figura 3.29</b> – Sistema de comando pneumático através de ar comprimido ou botijas dióxido de carbono. ....	49
<b>Figura 4.1</b> – Incêndio num edifício de grande altura dotado de sistema de controlo de fumo activo ..	51
<b>Figura 4.2</b> – Insuflador de ar fresco .....	54
<b>Figura 4.3</b> – Extractor electromecânico de fumo e gases quentes .....	54
<b>Figura 4.4</b> – Obturador de conduta .....	54
<b>Figura 4.5</b> – Conduta de extracção de fumo .....	54
<b>Figura 5.1</b> – Diferença de pressão entre o local sinistrado e o local vizinho .....	63
<b>Figura 5.2</b> – Influência da velocidade do ar no controlo do retorno de fluxo de fumo .....	64
<b>Figura 5.3</b> – Velocidade crítica para controlo de fumo em corredores .....	65
<b>Figura 5.4</b> – Ábaco para determinação da força de abertura da porta devido à pressurização .....	67
<b>Figura 5.5</b> – Controlo de fumo nas escadas por pressurização .....	68
<b>Figura 5.6</b> – Insuflação de ar para pressurização a partir de diferentes pontos .....	68
<b>Figura 7.1</b> – Planta de implantação do edifício industrial objecto de estudo .....	74
<b>Figura 7.2a</b> – Planta do R/CHÃO .....	75
<b>Figura 7.2b</b> – Plantas da Cave, 1º e 2º andares e cortes A-A' e B-B' .....	76
<b>Figura 7.3a</b> – Cantões propostos para a nave fabril .....	79
<b>Figura 7.3b</b> – Exutores propostos para a nave fabril, recolha de aparas, manutenção/armazenamento de peças e arquivo de sobras e papel. ....	95
<b>Figura 7.4</b> – Modelo de exutor previsto.....	83
<b>Figura 7.5</b> – Planta dos compartimentos existentes na nave fabril destinados armazenamento .....	85
<b>Figura 7.6</b> – Corte B – B', espaço destino armazenamento na nave fabril.....	85
<b>Figura 7.7</b> – Vão de fachada .....	87
<b>Figura 7.8</b> – Cálculo da área útil das aberturas para saída de fumo .....	89
<b>Figura 7.9</b> – Porta metálica existente na nave fabril .....	92
<b>Figura 7.10</b> – Grelha metálica .....	92
<b>Figura 7.11</b> – Espessura de fumo acumulável em função da altura de referência do local matérias – primas inflamáveis.....	97
<b>Figura 7.12</b> – Planta matérias -primas inflamáveis e Corte A-A' .....	98
<b>Figura 7.13</b> – Localização em planta da conduta de extracção de fumo do espaço vestiário (mulher) e W.C. (mulher) no R/C.....	100
<b>Figura 7.14</b> – Planta do átrio/recepção e sala de atendimento no R/C .....	102

<b>Figura 7.15</b> – Vão de fachada para saída de fumo na sala de controlo no R/C .....	102
<b>Figura 7.16</b> – Corte A -A' no 1º andar .....	106
<b>Figura 7.17</b> – Condução de extracção de fumo para secretaria no 1º andar .....	106
<b>Figura 7.18</b> – Condução de extracção de fumo para a sala de reuniões no 1º andar.....	107
<b>Figura 7.19</b> – Conduções de extracção de fumo para sala polivalente no 1º andar.....	107
<b>Figura 7.20</b> – Conduções de extracção de fumo para os dois gabinetes de atendimento no 1º andar conduções individuais e colectiva .....	108
<b>Figura 7.21</b> – Exutor previsto para o gabinete administrativo .....	109
<b>Figura 7.22</b> – Exutor previsto para o laboratório de controlo e qualidade.....	109
<b>Figura 7.23</b> – Exutor previsto para o gabinete direcção.....	110
<b>Figura 7.24</b> – Planta do corredor no 1º andar. ....	110
<b>Figura 7.25</b> – Corte A-A' pelo 1º andar.....	111
<b>Figura 7.26</b> – Exutor para a sala polivalente, 2º andar .....	111
<b>Figura 7.27</b> – Exutor para a cantina e cozinha geral.....	116
<b>Figura 7.28</b> – Desenfumagem do corredor, 1º Andar, parte A <sub>2</sub> .....	120
<b>Figura 7.29</b> – Desenfumagem do corredor, 1º Andar, parte A <sub>1</sub> .....	121
<b>Figura 7.30</b> – Exutores propostos para o espaço de armazenamento elevatório.....	123

## ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1.1</b> – Concentração limite para algumas substâncias correntemente existentes no fumo .....	3
<b>Quadro 3.1</b> – Factor de montagem.....	33
<b>Quadro 3.2</b> – Extracto para a classificação das categorias de risco industriais em função das actividades exercidas .....	38
<b>Quadro 3.3</b> – Classificação dos grupos de risco em função das categorias de risco para efeito de desenfumagem natural em edifícios industriais .....	38
<b>Quadro 3.4</b> – Extracto para a obtenção da taxa de desenfumagem para edifícios industriais em função dos seus parâmetros locais. ....	39
<b>Quadro 3.5</b> – Classe de actividades para edifícios que recebem público.....	39
<b>Quadro 3.6</b> – Extracto para a obtenção da taxa de desenfumagem para edifícios que recebem público em função dos seus parâmetros locais .....	40
<b>Quadro 7.1</b> – Compartimentação em cantões de desenfumagem.....	80
<b>Quadro 7.2</b> – Características técnicas do exutor .....	83
<b>Quadro 7.3</b> – Síntese dos resultados obtidos para os cantões.....	84
<b>Quadro 7.4</b> – Características técnicas do vão de fachada.....	87

<b>Quadro 7.5</b> – Síntese dos resultados obtidos para os restantes compartimentos na nave fabril destinados a armazenamento .....	90
<b>Quadro 7.6</b> – Soluções adoptadas para a evacuação de fumo na nave fabril .....	91
<b>Quadro 7.7</b> – Características técnicas da grelha metálica.....	93
<b>Quadro 7.8</b> – Soluções para a entrada de ar na nave fabril .....	94
<b>Quadro 7.9</b> – Soluções para a saída de fumo nos espaços arquivo de chapas, montagem/transporte, e arquivo de fotolitos .....	99
<b>Quadro 7.10</b> – Soluções para a saída de fumo nos locais átrio/recepção, gabinete médico, vestiário (mulher), sala de atendimento e sala de controlo .....	101
<b>Quadro 7.11</b> – Soluções previstas para a saída de fumo nos compartimentos do R/C .....	103
<b>Quadro 7.12</b> – Soluções previstas para a saída de fumo nos espaços que recebem público no 1º andar .....	104
<b>Quadro 7.13</b> – Soluções previstas para a saída de fumo no espaço destinado a arquivo no 1º andar.....	105
<b>Quadro 7.14</b> – Solução adoptada para a saída de fumo na parte A <sub>2</sub> do corredor no 1º andar .....	112
<b>Quadro 7.15</b> – Síntese das soluções propostas para saída de fumo do 1º Andar .....	113
<b>Quadro 7.16</b> – Síntese das soluções propostas para saída de fumo do 2º Andar .....	114
<b>Quadro 7.17</b> – Solução proposta para a entrada de ar na parte A <sub>2</sub> do corredor, 1º andar.....	117
<b>Quadro 7.18</b> – Solução adoptada para a entrada de ar em todos os compartimentos do R/C, 1º e 2º andares.....	118
<b>Quadro 7.19</b> – Taxa de desenfumagem para zona de armazenamento (elevador monta cargas). ...	122

## SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

$c_i$  – Concentração individualizada de cada substância tóxica [ppm ou %]

$(CL)_i$  – Concentração limite de cada substância tóxica [ppm ou %]

$t_{dor}$  – Tempo que decorre até ser alcançado o limite da dor [s]

$t_{queima}$  – Tempo que decorre até ser alcançado o limite da queimadura [s]

$h_{min}$  – Altura mínima do local [m]

$h_{max.}$  – Altura máxima do local [m]

$h_R$  – Altura de referência do local [m]

$h_{LF}$  – Altura livre de fumo [m]

$h_F$  – Altura de fumo [m]

$h_B$  – Altura da barreira de cantonamento [m]

$v_F$  – Velocidade da camada de fumo [m/s]

$e_F$  – Espaço percorrido pela camada de fumo [m]

$t_F$  – Intervalo de tempo percorrido pelo fumo [s]

$Q_F$  – Caudal de fumo em movimento uniforme [ $m^3/s$ ]

$V_F$  – Volume de fumo [ $m^3$ ]

$P$  – Perímetro de fogo [m]

$T_F$  – Temperatura da camada de fumo [K]

$P_w$  – Pressão exercida pelo vento [Pa]

$C_w$  – Coeficiente de pressão

$\rho_0$  – Densidade do ar exterior [ $kg/m^3$ ]

$C_w$  – Coeficiente de pressão

$\Delta p$  – Diferença de pressão [Pa]

$T_0$  – Temperatura absoluta do ar exterior [K]

$T_i$  – Temperatura absoluta do ar interior [K]

$h$  – Altura do eixo neutro [m]

$n$  – Número de cantões

$n_E$  – Número de exutores

$n_v$  – Número de vãos

$n_b$  - Número de bocas

$n_{regular}$  – Número regular de exutores

$\lambda$  – Factor de construção

$\lambda_E$  – Factor de construção do exutor

$\lambda_v$  - Factor de construção do vão

$\mu$  – Factor de montagem

$\mu_E$  – Factor de montagem do exutor

$\mu_v$  – Factor de montagem do vão

$A_U$  – Área útil [ $m^2$ ]

$A_G$  – Área geométrica [ $m^2$ ]

$A_{GE}$  – Área geométrica do exutor [ $m^2$ ]

$A_{UE}$  – Área útil do exutor [ $m^2$ ]

$A_{UE\ regular}$  – Área útil regular do exutor [ $m^2$ ]

$A_{GV}$  – Área geométrica do vão [ $m^2$ ]

$A_{UV}$  – Área útil do vão [ $m^2$ ]

$A_{Gb}$  – Área geométrica da boca [ $m^2$ ]

$A_{Gb\ circular}$  – Área geométrica da boca circular [ $m^2$ ]

$A_{Ub}$  – Área útil da boca [ $m^2$ ]

$A_C$  – Área da conduta [ $m^2$ ]

$A_{UI}$  – Área útil da instalação [ $m^2$ ]

$A_{UInstalada}$  – Área útil instalada [ $m^2$ ]

$P_C$  – Perímetro da conduta [m]

$C_E$  – Comprimento do exutor [m]

$L_E$  – Largura do exutor [m]

$L_v$  – Largura do vão [m]

$h_v$  – Altura do vão [m]

$L_b$  – Largura da boca [m]

$h_b$  – Altura da boca [m]

$l_c$  – Comprimento da conduta [m]

$\alpha$  – Taxa de desenfumagem [%]

$Q_{Extracção}$  – Caudal mínimo de extracção [ $m^3/s$ ]

$Q_{Insuflação}$  – Caudal mínimo a insuflar [ $m^3/s$ ]

$Q_{Fuga}$  - Caudal de fuga [ $m^3/s$ ]

$D_H$  – Diâmetro hidráulico [m]

$p_d$  – Pressão dinâmica [kg/m.s]

$E$  – Taxa de libertação de energia [W]

$W$  – Largura do corredor [m]

$K_v$  – Constante (0,0292)

$A_{eq}$  – Área equivalente [ $m^2$ ]

$F$  – Força total de abertura da porta [N]

$F_{dc}$  – Força de abertura da porta sem pressurização [N]

$d$  – espessura da porta [m]

RG – SCIE – Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Edifícios

SPQ – Sistema Português da Qualidade

LNEC – Laboratório Nacional Engenharia Civil

APSARD - Assemblée Plénière des Sociétés D'assurances contre L'incendie et les Risques Divers

NFPA – National Fire Protection Association

RC – Risco Corrente

RMP – Risco muito Perigoso

UP – Unidades de Passagem





**1.1. INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS**

Os incêndios que ocorrem no interior de edifícios apresentam características particulares relativamente aos incêndios que se desenvolvem ao ar livre, nomeadamente os florestais, já que nestes a dissipação do calor libertado na combustão não está limitada pelas fronteiras do espaço em que ocorre.

Aquando da ocorrência de um incêndio num primeiro momento, o calor produzido neste é transmitido à envolvente do compartimento, provocando um aumento de temperatura da mesma, sendo o calor convectado para o exterior através de aberturas existentes na fronteira do espaço.

O calor não dissipado para o exterior conduz a um veloz aumento da temperatura no interior dos espaços, tornando a propagação do incêndio aos objectos combustíveis existentes no local mais fácil. Nesta fase inicial do incêndio o processo que mais contribui para a dissipação de calor libertado é a convecção. As diferenças de pressão, criadas pelas elevadas temperaturas e pelo vento, podem originar escoamentos de fumo que alcançam locais bastante afastados da origem do incêndio, possibilitando a invasão de fumo para locais que se pretendem preservar livres do mesmo. É o caso das comunicações horizontais e verticais, que constituem espaços críticos já que através deles o fumo pode atingir todo o edifício. Além do mais, estes espaços são frequentemente usados como caminhos de fuga dos ocupantes.

O controlo de fumo visa que os ocupantes dos edifícios na sua evacuação ou os bombeiros na sua intervenção não possam ser prejudicados em caso de incêndio pela proximidade ou contacto com os produtos da combustão.

O controlo de fumo em edifícios pode ser determinante na fase inicial do incêndio, já que nesta fase as temperaturas geradas ainda são relativamente baixas e a potência calorífica libertada é reduzida, o que ainda permite o movimento de pessoas nas suas proximidades. Após o incêndio totalmente desenvolvido, já numa fase mais avançada, designada por “flashover”, o accionamento dos sistemas de controlo de fumo serão pouco relevantes pois criam-se ambientes incompatíveis com a permanência de pessoas. Por outro lado, as elevadas temperaturas associadas às altas potências em causa, que podem atingir facilmente os 800 °C, dificilmente serão diminuídas pelo efeito da desenfumagem.

A desenfumagem pode contribuir decisivamente na medida em que atenua a possibilidade de propagação do incêndio ao permitir convectar o calor para o exterior do edifício através de aberturas realizadas para tal efeito. No entanto, o accionamento dos sistemas de controlo de fumo exige que seja feito numa fase preliminar para que se revelem úteis na protecção de vidas humanas e bens materiais.

O tema do Controlo de Fumo insere-se, assim, no domínio da Segurança Contra Incêndios, enquadrado no âmbito geral da Engenharia de Segurança. Representa um novo conteúdo para a actividade prática dos engenheiros de instalações, seguindo a sensibilização já generalizada relativamente ao uso dos sistemas de detecção, alarme e extinção de incêndios nos edifícios de grandes e pequenas dimensões.

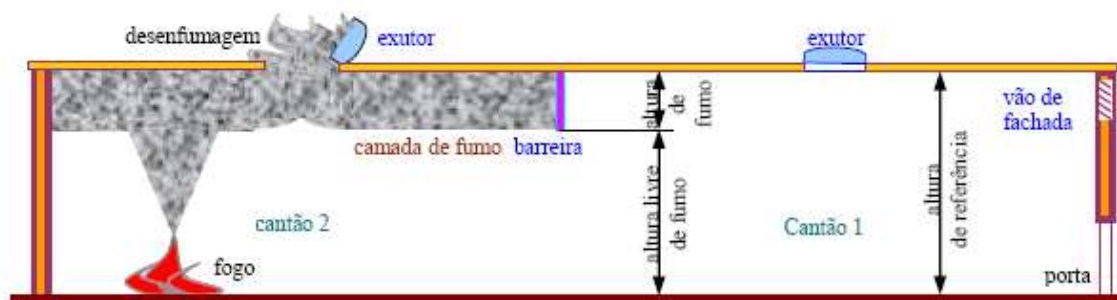
Justificam-se, por isso, esforços no sentido de encontrar soluções que sejam capazes de controlar o movimento do fumo no interior dos edifícios, tentando minimizar ou eliminar os seus efeitos prejudiciais.

## 1.2. FUMO EM EDIFÍCIOS

Quando se verifica a existência de fogo, desenvolve-se fumo proveniente da queima dos materiais existentes no local de ocorrência. Este fumo é formado pela mistura de gases e aerossóis libertados pelos materiais em combustão e ar quente deslocado no ambiente sinistrado.

Estabelecem-se então diferenças significativas de temperatura que criam um campo de forças que actuam sobre as partículas contidas no fumo, gerando o seu movimento ascensional ao longo de todo o compartimento.

Atingindo a parte superior da cobertura ou tecto falso, origina-se uma camada de fumo cuja espessura será crescente com o evoluir do tempo. Apresenta-se na **Figura 1.1** o acumular de fumo na parte superior da mesma. para um edifício de cobertura horizontal.



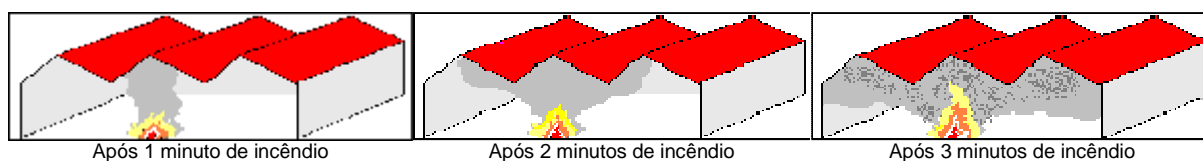
**Figura 1.1** – Incêndio num edifício de grande volume de cobertura horizontal, com dois cantões e controlo de fumo por varrimto passivo [1].

A permanência de fumo nos edifícios em caso de sinistro representa umas das maiores preocupações. Através de estatísticas efectuadas em vários países foi possível constatar que:

- Aproximadamente 63% das vítimas dos incêndios são provocadas pelo fumo e que próximo de 70% das sociedades comerciais ficam impossibilitadas de continuar as suas actividades após a ocorrência de um incêndio;
- Ao fim de cerca de 3 minutos de desenvolvimento de um incêndio, os locais sem sistemas de desenfumagem ficam inacessíveis, o que impede a fuga das pessoas para o exterior e mais tarde o combate às chamas por parte dos Bombeiros.

A **Figura 1.2** ilustra a evolução de um incêndio num edifício de grande volume sem sistema de desenfumagem. Ao fim de 3 minutos decorridos, o local fica coberto de uma enorme espessa nuvem de fumo, que inviabiliza a possibilidade de fuga para o exterior.

Diz-se que o local fica inacessível.



**Figura 1.2** – Evolução de um incêndio no interior de um edifício de grandes dimensões sem sistema de desfumagem [10].

O perigo do fumo produzido nos incêndios advém essencialmente:

a) Da sua *toxicidade*, isto é, a inalação do fumo pode intoxicar as pessoas devido a carência de oxigénio na respiração. Estatísticas realizadas comprovam que o principal efeito mortal dos incêndios reside na asfixia provocada pelo fumo. A toxicidade dos gases é correntemente expressa a partir de concentrações limite que afectam os seres humanos. É corrente para a consideração da toxicidade de atmosferas onde coexistem várias substâncias tóxicas que dependem dos combustíveis e das condições em que a combustão ocorre (Clarke, 1997), o recurso ao critério linear:

$$\sum_i \frac{c_i}{(CL)_i} = 1 \quad (1.1)$$

em que  $c_i$  representa a concentração individualizada de cada substância tóxica e  $(CL)_i$  a respectiva concentração limite.

No **Quadro 1.1** seguinte listam-se concentrações limite para algumas substâncias que correntemente existem no fumo.

**Quadro 1.1** – Concentrações limite para algumas substâncias correntemente existente no fumo (Purser, 1988).

Substância	Exposição de 5 minutos		Exposição de 30 minutos	
	Incapacitação	Morte	Incapacitação	Morte
CO (ppm)	6000 – 8000	12000 -16000	1400 -1700	2500 – 4000
HCN (ppm)	150 – 200	250 – 400	90 – 120	170 - 230
CO <sub>2</sub> (%)	7-8	> 10	6-7	> 9
HCl (ppm)	-	12000 – 16000	-	2000 – 4000
O <sub>2</sub> (%)	< 10 -13	< 5	< 12	< 6 -7

Os valores indicados como concentração limite são no entanto valores convencionais, relativamente aos quais as reacções fisiológicas humanas podem ter alguma variação, como é o caso da idade.

Salienta-se a importância que o tempo de exposição assume, uma vez que, sendo longo, pode tornar perigosa a exposição de pessoas a teores relativamente baixos de produtos tóxicos ou a temperaturas relativamente baixas.

b) *Risco de Envenenamento* o fumo pode tornar-se mortal pela sua composição química, se os gases da combustão forem venenosos. É frequente a presença de monóxido de carbono (CO), gás inodoro, incolor e venenoso (mesmo em baixas concentrações no ar) que se produz nas combustões incompletas;

c) *Opacidade* a cor negra do fumo, em especial numa combustão incompleta, dificulta a visibilidade na realização dos percursos de escape das pessoas, prejudicando os mesmos, ou tornando impossível a evacuação dos edifícios, e dificultando a entrada por parte dos agentes de combate ao incêndio. O cuidado na escolha dos materiais de construção e decoração é uma forma de minorar o problema, embora não permita de todo evitá-lo. As partículas em suspensão conferem normalmente ao fumo, uma opacidade tal que para garantir uma visibilidade a 8 metros, distância considerada recomendável para permitir a evacuação de pessoas, seria necessária uma taxa de diluição de 100 a 1000 vezes o volume do ar contaminado em questão. Com o aumento da concentração de substâncias tóxicas e a

produção de fumos opacos, as hipóteses de encontrar caminhos de evacuação tornam-se menores, seguindo-se a desorientação, a perda de consciência e, eventualmente, a morte.

d) *Danificação de bens*, a elevada temperatura que o fumo pode atingir facilmente, (superior a 100 °C) danifica bens materiais que sejam atingidos. Podendo ser destruídos obras de artes, objectos históricos, peças únicas, um marco moral ou espiritual de um país, que representam perdas irreparáveis;

e) *Propagação do fogo*, a expansão do fumo pode originar novos focos de incêndio, se o fumo a elevadas temperaturas atingir substâncias que sejam facilmente inflamáveis e explosivas.

De referir ainda alguns aspectos, que quando respeitados, inviabilizam a permanência dos ocupantes nos locais em que se verifiquem e são eles:

a) Altura livre de fumo demasiado reduzida, não permitindo quer a circulação, quer a respiração de pessoas;

b) Fluxo de calor radiado, distinguindo-se o tempo que decorre até ser alcançado o limite da dor ( $t_{dor}$ ) e o tempo que decorre até ser atingido o limite de queimadura ( $t_{queima}$ ), quando a pele está sujeita a um fluxo de calor.

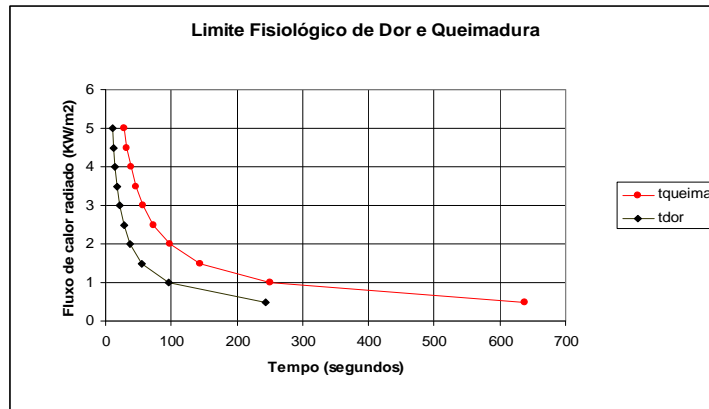
O cálculo destes tempos limites pode ser obtido pelas seguintes expressões (Stoll e Chianta, 1969), com o fluxo de calor radiado (W) em  $\text{w/m}^2$  e o tempo limite da dor ( $t_{dor}$ ) e limite da queimadura ( $t_{queima}$ ) em segundos:

$$t_{dor} = 85 \times \left( \frac{W}{1000} \right)^{-1,35} \quad (1.2)$$

$$t_{queima} = 223 \times \left( \frac{W}{1000} \right)^{-1,35} \quad (1.3)$$

Correntemente considera-se para o limite convencional do fluxo de calor (W) o valor de 2,5  $\text{kW/m}^2$ . Através da aplicação de ambas as expressões conclui-se um tempo de cerca de 30 segundos até ser sentida dor e cerca de 60 segundos até ocorrerem queimaduras.

A **Figura 1.3** traduz as duas expressões em cima referidas.



**Figura 1.3** – Relação entre o tempo que decorre até ser atingido o limite da dor e da queimadura em função do Fluxo de Calor Radiado, com base nas expressões de Stoll e Chianta, 1969 [9].

- c) Existência de gases tóxicos, com valores iguais ou superiores ao limites que afectam os seres humanos;
- d) Temperatura ambiente admissível, em que os ocupantes se deslocam, que é função do tempo de exposição, e depende do teor de humidade e do efeito de protecção conferido pelas roupas do indivíduo. A temperatura limite, em exposições de curta duração, de acordo com Peacock, 1991, situa-se entre 65 °C e 100 °C;
- e) Concentração de oxigénio, sempre que as condições limites de oxigénio não são garantidas e impedem a respiração de seres humanos.

Os corredores e escadas de acesso aos diversos pisos, por exemplo de hotéis, hospitais devem permanecer livres de fumo durante o tempo necessário à evacuação de pessoas. Os locais com bens raros, como galerias de exposição artística e espaços de armazenagem nos museus de arte, devem também estar protegidos à invasão de fumo. Locais onde existam substâncias explosivas, como é o caso de botijas de gás devem também permanecer sem fumo quente, de forma a evitar danos indesejáveis.

No entanto, muitos outros locais que apresentem riscos semelhantes, em especial os edifícios ocupados por um grande número de pessoas, devem ser dotados de sistemas que possibilitem a saída de fumo para o seu exterior.

Torna-se então necessário adoptar medidas que possibilitem o controlo de fumo à generalidade dos espaços, de forma a promover a preservação de certas áreas e garantir a sua extracção para o exterior.

### 1.3. OBJECTIVOS DO CONTROLO DE FUMO EM EDIFÍCIOS

O controlo de fumo em caso de incêndio num edifício é uma medida preventiva só usada em caso de sinistro. A sua concepção deverá assentar numa base científica e tecnológica suficientemente robusta, de forma a eliminar ou reduzir os inconvenientes resultantes do fumo originário do incêndio.

Assim sobressaem três objectivos primordiais:

- a) *Utilizabilidade dos locais* tornando os espaços, especialmente vias de evacuação, dos edifícios circuláveis em consequência da opacidade criada pelo fumo que dificulta a visibilidade. A toxicidade dos gases prejudica também a evacuação dos ocupantes e a intervenção dos bombeiros, devendo por isso o fumo ser conduzido para zonas que não ponham em perigo a saída das pessoas.

b) *Salvaguarda dos bens materiais*, evitando a destruição de bens existentes, em especial objectos de grande valor e únicos, uma vez que o fumo facilmente atinge elevadas temperaturas. Deverá encaminhar-se o fluído para zonas que não provoquem danos avultados.

c) *Redução da propagação do fogo*, impedindo que o fogo se alastre para zonas vizinhas, em especial para substâncias inflamáveis, escolhendo-se caminhos para deslocação do mesmo que elimine a reprodução de focos de incêndio à distância.

Os caminhos de evacuação transitáveis para as pessoas que ocupam o interior dos edifícios serão sempre o objectivo essencial, de maneira a que sejam atingidos locais com segurança na ocorrência de um incêndio. O controlo de fumo nos espaços para os quais a evacuação pode ser mais morosa, dada a dimensão ou o número de ocupantes previsto, ou para os quais seja particularmente importante assegurar visibilidade no combate a incêndio, é uma medida necessária.

Para isso garante-se que o ambiente fique livre de fumo até uma dada altura a partir do pavimento, a fim de promover a evacuação dos ocupantes em segurança e tornar a intervenção dos bombeiros eficaz e isenta de riscos.

Os objectivos em cima mencionados, serão alcançados através de uma adequada instalação de sistemas de controlo de fumo, em sintonia com uma arquitectura apropriada para os espaços em questão.

Assim, exige-se que da coordenação destas duas medidas seja possível:

a) *Deslocação eficaz do fumo*: criando um varrimento natural ou forçado entre o local da combustão e o local de extracção do fumo para o exterior. Poderão ser usadas duas técnicas de controlo, uma técnica passiva, devido ao efeito térmico, aproveitando as condições da natureza, e uma técnica activa através do uso de equipamentos mecânicos;

b) *Estratificação da zona enfumada*, isto é, evitar a propagação de fumo a locais adjacentes ao local sinistrado, originando um escoamento tão laminar quanto possível, sem remoinhos os quais por vezes levam à invasão da zona livre de fumo;

c) *Extracção de fumo próximo do fogo*, evacuar o fumo para fora do edifício, tão próximo quanto possível da zona onde teve origem a sua formação, distribuindo as aberturas de extracção pelo espaço a proteger, qualquer que seja a solução adoptada para o controlo de fumo;

d) *Extracção circunscrita ao fumo*, através de um equilíbrio geométrico das aberturas para a saída de fumo, de maneira a que a área das aberturas não seja exageradamente grande. Evita-se assim a formação de passagem de ar parasita nas aberturas de desenfumagem, pela introdução indesejada de ar sugado da zona livre de fumo que prejudica a expulsão do fumo para o exterior;

e) *Extracção precoce do fumo*, activando os sistemas de controlo de fumo o mais cedo possível para impedir a invasão de espaços interditos ao fumo. A utilização de sistemas de coordenação automática com os sistemas de detecção e alarme de incêndios será uma condição operacional possível, eficaz para garantir um funcionamento eficiente.

#### **1.4. CAUSAS DOS INCÊNDIOS**

O fogo é uma reacção química exotérmica peculiar, habitualmente designada por combustão, que ocorre quando existem simultaneamente os três lados de um triângulo teórico, sendo que esses lados são: o combustível, o oxigénio e calor.

Sempre que os combustíveis, em presença de oxigénio encontram calor, transmitido por irradiação (como por exemplo de um prédio para o outro), por convecção (por meio de fumo proveniente de

outros compartimentos), ou condução (através de aquecimento) em quantidades suficientes haverá chama.

A cadeia de reacções formada durante a combustão propicia a formação de produtos instáveis, principalmente radicais livres, que se combinam com outros elementos, dando origem a novos radicais. A estes radicais livres cabe a responsabilidade de transferir a energia necessária à transformação da energia química em calorífica, decompondo as moléculas ainda intactas e provocando a propagação do fogo numa verdadeira cadeia de reacções. Isto é, uma vez iniciada a combustão os gases nela envolvidos reagem em cadeia, alimentando-a, dada a transmissão de calor de umas partículas para as outras no combustível. Surge assim o polígono de quatro faces, o tetraedro do fogo.

As causas de incêndio são muito variadas mas, genericamente resultam da actividade humana, sendo que os incêndios provocados por causas naturais são pouco frequentes. De entre as fontes de ignição mais comuns, referem-se as seguintes:

- a) *Fontes de origem térmica*, tais como: fósforos, cigarros, fornos, soldaduras, viaturas a gasolina ou gasóleo;
- b) *Fontes de origem eléctrica* interruptores, disjuntores, aparelhos eléctricos defeituosos, electricidade estática;
- c) *Fontes de origem mecânica* chispas provocadas por ferramentas, sobreaquecimento devido à fricção mecânica;
- d) *Fontes de origem química* reacção química com libertação de calor, reacção de substâncias auto-oxidantes.

De entre as causas humanas de incêndio, podem destacar-se:

- Descuido;
- Desconhecimento;
- Fogo posto (origem criminosa).

Dentro das causas humanas de incêndio, provocadas por descuido ou desconhecimento, podem apontar-se:

- Tráfego de líquidos ou gás combustível sem as medidas de segurança adequadas;
- Fuga ou derrame de líquido ou gás combustível;
- Objectos de fumo (por exemplo: cigarros) deficientemente controlados;
- Trabalhos a quente ou chama nua (por exemplo: soldadura) sem medidas de segurança adequadas;
- Lareiras, fogueiras e outros espaços com chama nua, deficientemente apagados;
- Confeção de refeições (fogões, fornos, exaustores) sem as medidas de segurança adequadas;
- Reacções químicas não controladas;
- Instalações eléctricas com sobrecarga e/ou mal protegidas;
- Utilização de equipamentos sem as medidas de segurança adequadas.

### 1.5. CARACTERIZAÇÃO DA CAMADA DE FUMO

A caracterização geométrica da camada de fumo faz-se em relação ao pé direito do compartimento em análise. Designa-se por altura de referência  $h_R$ , a média aritmética entre o pé direito mínimo e o pé direito máximo numa cobertura inclinada, sendo na cobertura horizontal o próprio pé direito.

A camada de fumo que se propaga junto ao tecto, aumenta à medida que o fumo se afasta da sua origem, atingindo todas as direcções livres de obstáculos, dando origem a uma zona enfumada. A espessura de fumo que se acumula rente ao tecto designa-se por altura de fumo  $h_F$ . A diferença entre a altura de referência  $h_R$  e a altura da zona com fumo  $h_F$ , corresponde a zona livre de fumo  $h_L$ . Assim a altura de referência é obtida por:

Altura de Referência ( $h_R$ )	
Cobertura inclinada	$h_R = \frac{h_{\min.} + h_{\max.}}{2}$
Cobertura horizontal	$h_R = h_{\min.} = h_{\max.}$

**Figura 1.3a** – Altura de referência para coberturas inclinadas e horizontais.

Em que  $h_{\min.}$  corresponde ao pé direito mínimo e  $h_{\max.}$  ao pé direito máximo da cobertura.

Altura de referência satisfaz ainda a relação:  $h_R = h_L + h_F$  em que,  $h_L$  corresponde à altura livre de fumo e  $h_F$  à altura da zona enfumada.

Para a camada de fumo criada, é possível determinar a sua velocidade de propagação e o caudal no seu movimento.

A velocidade do fumo  $v_F$  é igual ao espaço percorrido pelo fumo da camada em cada unidade de tempo. Ou seja:

$$v_F = \frac{e_F}{t_F} \quad (1.5)$$

em que  $v_F$  representa a velocidade da camada de fumo em m/s,  $e_F$  o espaço percorrido pela camada de fumo em metros e  $t_F$  o intervalo de tempo em segundos. O caudal de fumo num movimento uniforme é obtido pela seguinte expressão:

$$Q_F = \frac{V_F}{t_F} \quad (1.6)$$

em que  $Q_F$  representa o caudal de fumo num movimento uniforme em m<sup>3</sup>/s,  $V_F$  o volume de fumo escoado em m<sup>3</sup> e  $t_F$  o intervalo de tempo em segundos.



No entanto como o fumo que se propaga no tempo  $t_F$ , ocupa um volume  $V_F = A_F \cdot e_F$  com  $A_F$  igual à área da secção de fumo e  $e_F$  o espaço percorrido, o caudal virá  $Q_F = \frac{A_F \cdot e_F}{t_F}$  em que  $t_F$  corresponde a

$\frac{e_F}{v_F}$ , logo em m<sup>3</sup>/s:

$$Q_F = A_F \cdot v_F \quad (1.7)$$

Uma outra variável importante será o perímetro do fogo, dado pela extensão limítrofe dos materiais arder, supondo a queima numa configuração quadrangular por simplicidade. Empiricamente foi obtida uma fórmula [1] à temperatura ambiente normal 20 °C, válida para outros valores do ambiente:

$$Q_F = 0,017 \cdot P \cdot \sqrt{(h_L^3 \cdot T_F)} \quad (1.8)$$

em que  $Q_F$  representa o caudal de fumo (m<sup>3</sup>/s),  $P$  o perímetro de fogo em metros,  $h_L$  a altura livre de fumo ambos em metros e  $T_F$  a temperatura da camada de fumo em graus kelvin.

Analisando a expressão anterior é possível afirmar que quanto maior for a área a arder, logo maior o perímetro  $P$ , maior caudal de fumo  $Q_F$  se desenvolve, uma vez que este é proporcional ao perímetro.

Relativamente ao parâmetro, altura livre de fumo  $h_L$ , quando maior for, maior será o caudal de fumo  $Q_F$ , uma vez que menor será a altura da zona enfumada (para uma dada altura de referência), o que significa que mais rapidamente se deve deslocar o fumo na desenfumagem. O caudal é proporcional à raiz quadrada do cubo da altura livre de fumo.

Por último, quanto mais elevada for a temperatura do fumo  $T_F$ , maior o gradiente térmico em relação ao ar ambiente, elevando o caudal de fumo  $Q_F$  proporcionalmente à raiz quadrada da temperatura.

Aplicando a fórmula a um caso exemplo, admitindo que a área de fogo corresponde a 2,00 m<sup>2</sup>, equivalente a um fogo quadrangular com perímetro de 5,67 m, com uma altura livre de fumo  $h_L$  igual a 2,00 m e com o fumo à temperatura de 300 °C dará origem a um caudal de fumo:

$$Q_F = 0,017 \times 5,67 \times \sqrt{(2^3 \times 573,15)} = 6,50 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Referir que, a natureza dos materiais envolvidos na combustão e as condições ambientais afectam o valor em cada situação concreta, já que o fumo desenvolvido num fogo depende essencialmente da estrutura química dos materiais que ardem [1].

De acordo com a expressão empírica (Cluzel, 1982) que seguidamente se apresenta, é possível obter uma estimativa do tempo de enfumagem  $t_F$ :

$$t_F = 6,4 \cdot \frac{A}{P} \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{h_L}} - \frac{1}{\sqrt{h_R}} \right) \quad (1.9)$$

em que  $t_F$  será o tempo de enfumagem em segundos,  $A$  a área do local em  $m^2$ ,  $P$  o perímetro do fogo em metros,  $h_L$  e  $h_R$  a altura livre de fumo e a altura de referência respectivamente, ambas em metros.

O tempo de enfumagem  $t_F$  obtido por esta expressão empírica representa uma aproximação à realidade, já que apresenta algumas deficiências ao não considerar a superfície de fogo como variável no tempo, uma vez que existe sempre uma certa propagação do incêndio.

Por outro lado não atende às particularidades da carga térmica no local, e não contabiliza os atrasos de propagação do fumo pela existência de obstáculos.

Aspecto importante no controlo do movimento do fumo dentro de um edifício poderá ser a efeito do vento. A pressão  $P_w$ , que o vento exerce numa superfície pode ser expressa por:

$$P_w = \frac{1}{2} \cdot C_w \cdot \rho_0 \cdot V^2 \quad (1.10)$$

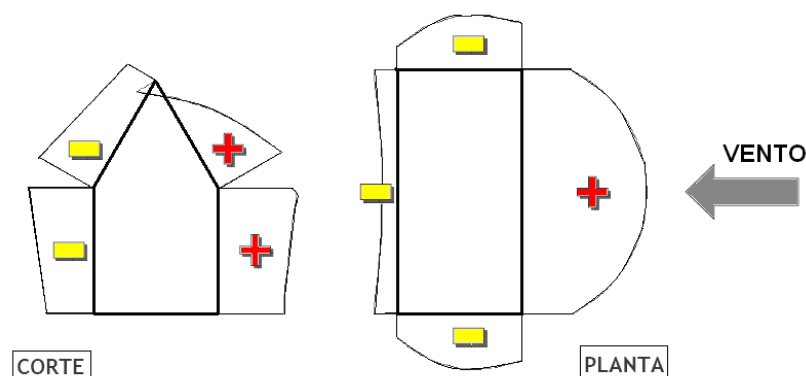
em que  $P_w$  representa a pressão do vento em Pa,  $C_w$  o coeficiente de pressão (adimensional),  $\rho_0$  a densidade do ar exterior em  $kg/m^3$  e  $V$  velocidade do ar m/s.

O coeficiente de pressão  $C_w$ , varia entre -0,80 e 0,80 assumindo valores positivos para paredes a barlavento e valores negativos para paredes a sotavento. Este coeficiente de pressão depende da geometria do edifício e varia com a localização da parede. A análise do comportamento do efeito do vento assume relevância para construções em que se verifiquem portas e janelas geralmente abertas, necessitando de um estudo via computacional dada a complexidade dos fluxos de ar resultantes.

É frequente que durante um incêndio, devido às elevadas temperaturas, haja janelas que quebrem no compartimento onde o fogo se desenvolveu. Se essas janelas estiverem no lado protegido do vento (sotavento), as pressões negativas provocadas por este facilitam a saída do fumo para o exterior, podendo contribuir para uma redução significativa do fumo no compartimento. Caso a janela quebrada durante o incêndio se localize numa fachada onde o vento sopra (barlavento), as pressões positivas causadas pela força do vento contribuem para dispersar do fumo pelo edifício.

Esta última situação será extremamente desfavorável, já que se a pressão induzida pelo vento for grande, pode facilmente dominar o movimento do ar por todo o edifício, colocando em perigo a vida dos ocupantes do edifício.

Apresente-se na **Figura 1.4** em esquema simplificado o corte e a planta de um edifício com cobertura a duas águas, e o respectivo diagrama de pressões originado pela acção do vento no edifício. Sinal positivo para as fachadas com sobrepressão, e a negativo para as fachadas em depressão.



**Figura 1.4** – Corte e Planta de um edifício com cobertura a duas águas e respectivos diagramas de pressões devido a acção do vento.

### **1.6. DOMÍNIO DE APLICAÇÃO DO PROJECTO DE REGULAMENTO GERAL DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS EM EDIFÍCIOS (RG – SCIE)**

De acordo com o projecto de RG – SCIE os espaços dos edifícios que devem ser dotados de meios que promovam a libertação para o exterior do fumo e dos gases tóxicos ou corrosivos, reduzindo a contaminação e a temperatura dos espaços e mantendo condições de visibilidade devem ser:

- As vias verticais de evacuação enclausuradas;
- As câmaras corta-fogo;
- As vias horizontais, de entre as quais se incluem:
  - Vias, incluindo átrios, integradas nas comunicações comuns a diversas fracções ou utilizações – tipo da 3ª e 4ª categoria de risco ou quando o seu comprimento exceda 30 m;
  - Vias cujo comprimento seja superior a 10 m, compreendidas em pisos com uma altura acima do plano de referência superior a 28 m ou em pisos abaixo daquele plano;
  - Vias incluídas em caminhos horizontais de evacuação de locais de risco D;
  - Vias, ou troços de via, em impasse com comprimento superior a 10 m, excepto se todos os locais dispuserem de saídas para outras vias de evacuação;
  - Galerias fechadas de ligação entre edifícios independentes ou entre corpos do mesmo edifício;
- Os pisos situados no subsolo, desde que sejam acessíveis a público ou que tenham uma área superior a 200 m<sup>2</sup>, independentemente da sua ocupação;
- Os locais de risco B com efectivo superior a 500 pessoas;
- Os locais de risco C que preenchem, pelo menos, uma das condições:
  - Volume superior a 600 m<sup>3</sup> excepto espaços cénicos isoláveis;
  - Carga de incêndio modificada superior a 20 000 MJ;
  - Potência instalada dos seus equipamentos eléctricos ou electromecânicos superior a 250 KW ou alimentados a gás superior a 70 KW;
  - Local onde é produzido, depositado, armazenado ou manipulados líquidos inflamáveis em quantidade superior a 100L;

- Local de pintura e aplicação de vernizes em oficinas e espaços oficinais.

- As cozinhas desde que ligadas a salas de refeições, e cujos pavimentos, paredes e portas na envolvente do conjunto garantam as classes de resistência ao fogo padrão indicadas no quadro XXIV do anexo VII do RG – SCIE;
- Os átrios e corredores adjacentes a pátios interiores;
- Espaços cobertos afectos à utilização – tipo XII;
- Espaços cénicos isoláveis.

O projecto de RG – SCIE exige ainda que o controlo de fumo em vias verticais enclausuradas de evacuação de edifícios com altura superior a 28 m deve ser efectuado por sistemas de sobrepressão, que devem ser duplicados por sistemas de desenfumagem passiva de emergência com manobra reservada aos bombeiros.

O controlo de fumo em vias de evacuação horizontal enclausuradas de edifícios com altura superior a 28 m deve ser efectuado por sistemas activos de arranque automático, podendo a admissão de ar ser efectuado a partir do exterior ou pela câmara corta – fogo.

O controlo de fumo em cozinhas deve ser efectuado por sistemas de desenfumagem activa, devendo ser instalados painéis de cantonamento dispostos entre as cozinhas e as salas de refeições.

O controlo de fumo em pisos enterrados, sendo mais do que um piso abaixo do plano de referência, faz-se sempre por recurso a meios activos, de preferência por hierarquia de pressões.

As escadas que servem pisos no subsolo, desde que a sua saída não seja directamente no exterior, devem ser pressurizadas.

## MÉTODOS DE CONTROLO DE FUMO EM EDIFÍCIOS

O controlo de fumo em edifícios baseia-se em dois processos, *varrimento (natural ou forçado)* e *hierarquia de pressões*, que são utilizados separadamente ou em conjunto, com a finalidade de evitar o escoamento do fumo para locais a preservar no interior do edifício, promovendo o escoamento do fumo para o exterior, através de desenfumagem.

No entanto estes métodos de controlo de fumo devem ser aplicados a espaços limitados, e através de compartimentação interior do edifício para eficácia da desenfumagem.

O *método de varrimento* consiste na introdução de ar fresco pela parte inferior do compartimento sinistrado, e pela retirada do fumo para o exterior do edifício, pela parte superior do compartimento, criando uma corrente de ar que conduza a camada de fumo rente ao tecto nas direcções desejadas. Poderá ser criado um varrimento passivo ou um varrimento forçado.

O movimento ascensional originado pela introdução de ar, deve gerar nos locais um escoamento o mais uniforme possível, de forma a que o fumo seja integrado nesse escoamento e removido para o exterior, evitando-se a formação de pontos de estagnação, isto é, pontos onde o fumo possa ficar retido.

Uma vez que as velocidades impostas nestes escoamentos são geralmente inferiores à velocidade de escoamento do fumo, este acumula-se na parte superior dos locais formando uma camada de fumo, com determinada espessura.

À medida que se processa a entrada de ar fresco na parte inferior, junto aos pavimentos, a extracção ocorre pela parte superior. Esta mistura de ar fresco no estrato de fumo vai originar a sua diluição, sendo que numa fase inicial do incêndio, na qual este ainda se encontre limitado ao espaço onde teve origem, é vantajoso evitá-la, na medida em que uma superior temperatura do fumo é favorável ao seu escoamento para o exterior, porque aumenta os gradientes de pressão e não incrementa excessivamente o caudal de fumo a extrair. No entanto nunca deverá ser posta em causa a evacuação dos ocupantes.

No sistema *natural/natural*, puramente passivo, a entrada de ar fresco e a saída de fumo para o exterior baseiam-se na tiragem térmica, conduzindo por isso a soluções no geral mais económicas. São por isso bastante usadas em edifícios amplos e sem andares sobrepostos dada a sua montagem ser barata e ser eficaz.

Já no sistema *forçado/forçado*, puramente activo, a admissão de ar novo e a extracção de fumo do edifício recorrem a insufladores mecânicos de ar e a extractores mecânicos de fumo, respectivamente,

através da ajuda de instalação de condutas e bocas regularmente distribuídas. É um sistema usado em edifícios de grande altura.

No entanto é de referir a possibilidade do uso de sistemas mistos, é isto, sistemas que conjuguem simultaneamente as técnicas activas e passivas. Dois tipos de sistemas são possíveis, consoante a admissão de ar e a extracção de fumo são realizadas, podendo ser sistema *natural/forçado*, quando a admissão de ar é natural e a é extracção electromecânica, ou *forçado/natural* em que a entrada de ar é feita por via de insufladores de ar e a saída de fumo feita naturalmente.

A primeira solução (*natural/forçada*) é aplicada em edifícios amplos como é o caso de armazéns, e edifícios altos cujos pisos não tenham acesso directo à cobertura.

A segunda solução (*forçada/natural*) é no fundo o que se usa na pressurização, para controlo de fumo em caixas de escadas ou corredores que sirvam de caminho de fuga.

Estas soluções mistas, no geral, resultam em soluções globalmente menos eficazes, quando comparadas à utilização de soluções que recorram a sistemas exclusivamente passivos ou activos, mas cuja utilização poderá manifestar-se útil em situações particulares.

No processo da hierarquia de pressões visa-se criar diferenças de pressão para impedir o escoamento do fumo para os caminhos de evacuação. Este processo de pressurização é usado isoladamente em caixas de escadas, em que se gera uma pressão mais elevada nestes espaços relativamente aos espaços adjacentes impedindo o escoamento de fumo para estes locais.

A hierarquia de pressão pode também estar presente noutros métodos de controlo de fumo, quando a admissão de ar fresco e a exaustão de fumo são realizadas em espaços diferentes. O compartimento onde se faz a exaustão encontra-se a uma pressão mais baixa relativamente ao compartimento onde se realiza a admissão, sendo que o diferencial de pressão é contrário ao escoamento do fumo através da abertura de comunicação.

As diferenças pressão são conseguidas através de meios mecânicos, através de insufladores de ar e extractores de fumo.

A extracção fumo para ser eficaz deve ser feita sempre que possível, o mais próximo dos locais onde a possibilidade de ocorrência de um incêndio é maior, já que assim se consegue reduzir a diluição de fumo, como se limita a exposição dos ocupantes ao fumo.

Todos os equipamentos de controlo de fumo devem cumprir as exigências de resistências à temperatura, isolamento e durabilidade adequadas à sua utilização e estabelecidas no projecto de RG – SCIE.

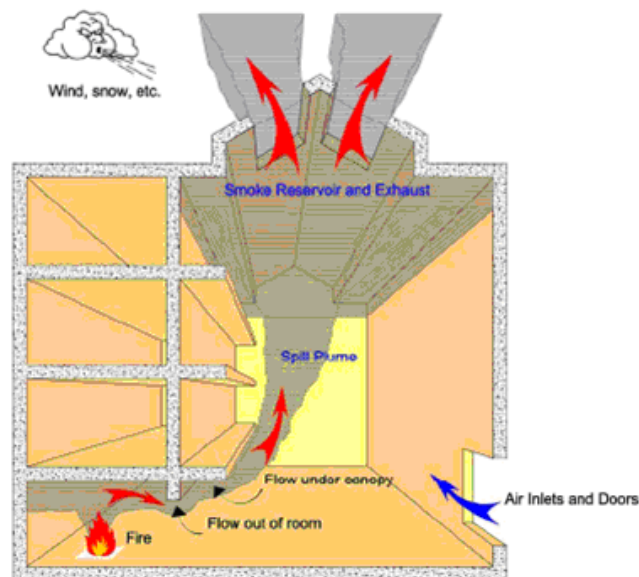
Os métodos de controlo de fumo podem ter um contributo importante no salvamento de pessoas e bens. No entanto não podem ter um arranque tardio, na medida em que dificilmente conseguirão limitar o movimento dos gases quentes, e o restabelecimento da estratificação da camada de fumo e a temperatura conveniente para o movimento de pessoas.

## MÉTODO DE CONTROLO PASSIVO

### 3.1. EFEITO CHAMINÉ

Designa-se *varrimento passivo* sempre que o movimento da camada de fumo ocorre por condições naturais, isto é, por diferenças de pressão que se verificam entre o interior e o exterior do compartimento, devido às diferentes temperaturas das duas ambiências. A este fenómeno designa-se habitualmente por efeito chaminé. Sempre que a temperatura exterior é mais baixa gera-se um movimento ascendente do ar dentro da habitação. Este movimento ocorre devido a uma força de flutuação já que o ar se encontra mais quente, logo, menos denso que o ar no exterior. A influência deste efeito será tanto maior, quanto mais acentuada for a diferença entre a temperatura interior e exterior, e para eixos neutros mais altos.

No entanto, caso a temperatura do ar exterior supere a temperatura do ar interior, verifica-se um movimento descendente do ar, o que se designa por inversão do efeito de chaminé.



**Figura 3.1** - Ilustração de um sistema de desenfumagem passivo com entrada de ar fresco localizada na parte inferior e saída de fumo na parte mais alta [5].

O movimento do fumo num edifício em caso de ocorrência de um incêndio, pode ser dominado pelo efeito chaminé, originando a deslocação do fumo a distâncias consideráveis da sua origem.

Na pressão atmosférica padrão, diferença de pressão devido ao efeito de chaminé ou ao reverso de chaminé é expresso por:

$$\Delta p = 3460 \cdot \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_i} \right) \cdot h \quad (3.1)$$

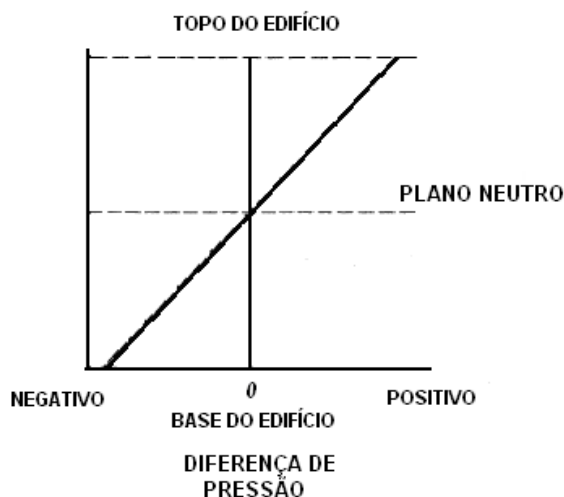
onde  $\Delta p$  representa a diferença de pressão entre o ambiente interior e o ambiente exterior em Pa,  $T_0$  e  $T_i$  a temperatura absoluta do ar exterior e a temperatura absoluta do ar interior respectivamente, em graus Kelvin e  $h$  a distância ao eixo neutro\*, positiva acima deste e negativa em caso contrário.

\* O plano neutro é o plano horizontal onde a pressão hidrostática interior iguala a exterior.

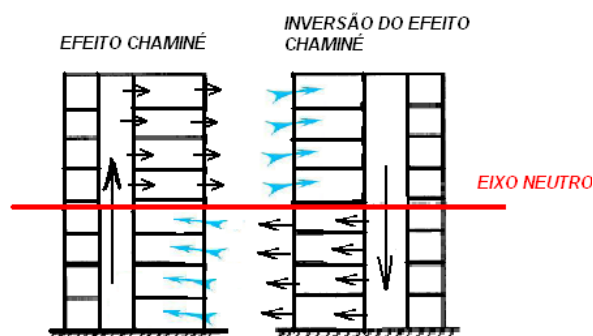
A **Figura 3.2** ilustra as pressões verificadas no topo e na base de um edifício devido ao efeito chaminé. No topo verifica-se uma pressão positiva, isto é superior à pressão do ar exterior, enquanto que na base existe uma pressão inferior à pressão do ar exterior, considerada negativa.

A pressão do ar interior e do ar exterior, terão o mesmo valor segunda a linha horizontal, representativa do eixo neutro.

A **Figura 3.3** mostra o movimento do ar no interior de edifícios devido ao efeito chaminé e devido ao reverso do seu efeito.



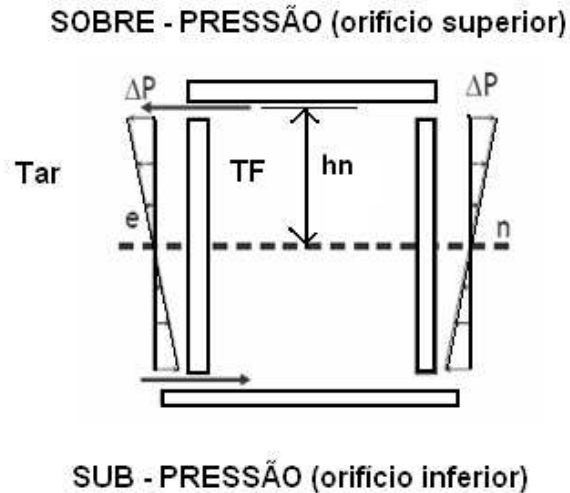
**Figura 3.2** – Diferença de pressão entre o interior e o exterior devido ao efeito chaminé.



**Figura 3.3** – Movimento do ar devido ao normal efeito de chaminé (à esquerda), com entrada de ar feita abaixo do eixo neutro e saída a cima, e movimento do ar devido ao reverso do efeito chaminé (à direita), com a entrada de ar feita acima do eixo neutro e saída em baixo deste.



Assim, numa determinada abertura gera-se uma diferença de pressão  $\Delta p$  que é proporcional à diferença dos inversos das temperaturas do ar ambiente  $T_{ar}$  e do fumo  $T_F$ , bem como ao nível  $h_n$  do plano de anulamento das diferenças de pressão na altura da abertura designado por eixo neutro (e.n.).



**Figura 3.4** – Movimento natural do ar provocado pelo efeito de tiragem térmica, devido a uma certa diferença de pressão  $\Delta p$ .

A diferença de pressão  $\Delta p$  da tiragem térmica através da abertura é obtida pela seguinte expressão:

$$\Delta p = 3460 \cdot \left( \frac{1}{T_{ar}} - \frac{1}{T_F} \right) \cdot h_n \quad (3.2)$$

com a diferença de pressão  $\Delta p$  em Pascal, as temperaturas  $T_{ar}$  e  $T_F$  em graus kelvins e  $h_n$  em metros.

O ábaco em baixo representado [3], permite obter a diferença de pressão entre um compartimento onde poderá ter origem um incêndio e os compartimentos vizinhos admitidos à temperatura de 20°C (68°F).

Para tal é necessário conhecer a temperatura no compartimento do incêndio, e a distância acima do plano neutro ( $h$ ) entre o compartimento onde se deu o incêndio e o compartimento vizinho.

No ábaco em abcissas aparecem as temperaturas do compartimento no qual teve origem o fogo, em duas escalas diferentes: graus Celsius (°C) em Fahrenheit (°F) e em ordenadas a diferença de pressão  $\Delta p$  em Pa. As curvas do ábaco são feitas para diversos valores das alturas acima do plano neutro  $h$ .

Como exemplo refere-se que, para uma temperatura do compartimento incendiado igual a 800 °C (1470 °F), e uma altura acima do plano neutro  $h$  de 1,52 m, a diferença de pressão expectável seria de aproximadamente 13 Pa.

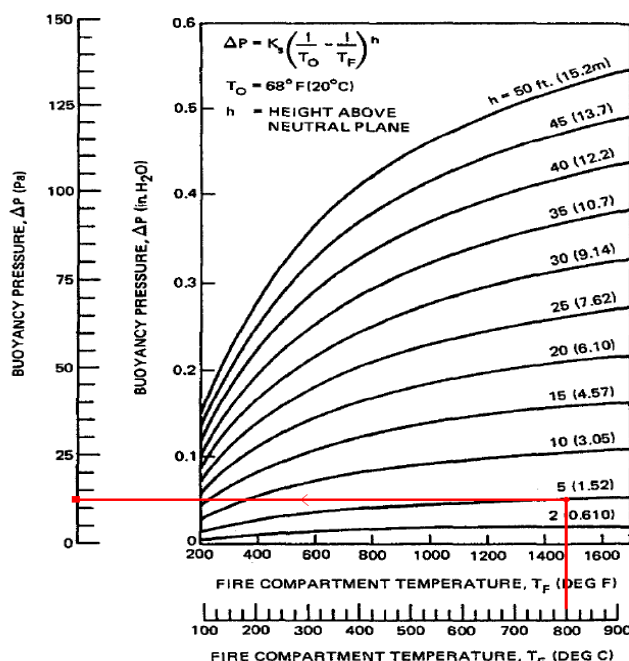


Figura 3.4a – Diferença de pressão em função da temperatura do compartimento [4].

### 3.2. ENTRADAS DE AR FRESCO

As entradas de ar fresco para desenfumagem podem ser concretizadas através de vãos dispostos na parte inferior de paredes exteriores próximas dos pavimentos, ou por meio de bocas de admissão ligadas a tomadas exteriores de ar, eventualmente através de condutas, onde seja possível fazer a captação de ar fresco.

No entanto é permitido que a entrada de ar seja feita através de paredes interiores ao edifício, quer através de portas ou janelas que se situem em locais colocados sobre pressão, ou locais bastante arejados. Contudo deverá ser sempre acautelada a possibilidade de se estar a introduzir fumo em vez de ar, assegurando uma colocação das aberturas para introdução de ar em zonas resguardadas do fumo produzido no incêndio.

A insuflação passiva de ar dependerá, da orientação e velocidade do vento atmosférico que se faz sentir no exterior do edifício, mas também da área das aberturas de entrada de ar, quando comparadas com a área destinada à extracção de fumo. As entradas de ar não devem, portanto, ser colocadas em fachadas que por acção do vento estejam em depressão, já que dificulta ou impede a sua entrada.

Aconselha-se que as entradas de ar sejam colocadas em faces opostas às aberturas para saída de fumo, de forma a estabelecer uma corrente de ar aceitável, sem deixar engrossar demasiado a zona enfumada e sem perturbar a camada de fumo com turbulências.

Os obturadores devem ser construídos com materiais da classe A1 e possuir uma resistência E ou EI, consoante realizem admissão ou extracção, de escalão igual ao requerido para as condutas respectivas.

As condutas devem ser construídas com materiais da classe A1 e garantir classe de resistência ao fogo padrão, igual à maior das requeridas para as paredes ou pavimentos que atravessem, mas nunca inferior a EI 15.



**Figura 3.5** – Grelha metálica para admissão de ar.

### **3.3. SAÍDAS DE FUMO**

Quanto às aberturas para saída de fumo do interior para o exterior do edifício são realizadas na parte superior, sempre na zona enfumada.

No caso do varrimento ser passivo, a extracção ocorre naturalmente através da instalação de exutores no topo da cobertura que abrem na ocorrência de um incêndio, ou através de aberturas praticadas nas paredes externas (vãos de fachada) ao nível da zona enfumada, ou ainda por via de condutas de recolha com bocas de admissão nos diversos pisos do edifício, e saída comum para o exterior numa conduta colectora. A área útil destas aberturas para saída de fumo depende da utilização do espaço, isto é, dos materiais aí existentes, tendo em conta a sua maior ou menor libertação de fumo quando ardem.

As **Figura 3.6** e **Figura 3.7** ilustram aberturas para saída de fumo, através de exutores colocados no topo da cobertura e aberturas praticadas na fachada, respectivamente.



**Figura 3.6** – Varrimento passivo, com aberturas para saída de fumo através de exutores colocados no topo da cobertura.



**Figura 3.7** - Varrimento passivo, com aberturas para saída de fumo através de aberturas praticadas na fachada.

### 3.4. ABORDAGEM AO PROJECTO DE RG – SCIE

#### 3.4.1. ADMISSÃO DE AR

De acordo com o projecto de *Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RG-SCIE)*, estas aberturas devem ser instaladas totalmente na zona livre de fumo e o mais baixo possível, no máximo até um 1,0 m dos pavimentos, e o somatório das áreas livres das aberturas para admissão de ar deve situar-se entre metade e a totalidade do somatório das áreas livres das aberturas para evacuação de fumo.

Caso se trate do controlo de fumo em vias horizontais as aberturas para entrada de ar devem ser alternadas com as aberturas para a saída de fumo, devendo a distância máxima medida segundo o eixo de circulação, entre duas aberturas consecutivas de admissão e evacuação ser de 10,0 m nos percursos em linha recta e de 7,0 m nos restantes percursos.

Além do mais, qualquer saída de um local de risco não situada entre uma abertura de admissão e outra de escape deve distar, no máximo, 5,0 m desta última.

Nunca as aberturas para admissão de ar devem ser em número inferior às destinadas ao escape de fumo.

No posicionamento dos vãos de fachada deve ter-se em consideração a eventual acção do vento, dispondo-os de forma a permitirem o varrimento das vias horizontais de evacuação por acção das diferenças de pressão estabelecidas.

As bocas de admissão de ar dispostas no edifício devem permanecer normalmente fechadas por obturadores, com a excepção das que sirvam condutas exclusivas de um piso nas instalações de ventilação. A lógica de as manter normalmente fechadas, à excepção do caso enunciado, prende-se a razões de ordem económica, uma vez que acarretaria um enorme custo no consumo de energia para aquecimento na estação fria.

#### 3.4.2. EVACUAÇÃO DE FUMO

O projecto de *Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RG – SCIE)*, relativamente às áreas úteis dos exutores, exige que a sua determinação seja feita com base em ensaios

realizados por organismos acreditados pela entidade competente do Sistema Português da Qualidade (SPQ).

No caso de serem usados vãos de fachada em paredes exteriores para a desenfumagem, a sua parte inferior deve situar-se pelo menos a 1,80 m do pavimento.

Sempre que se usem condutas no controlo do fumo deverá garantir-se que a secção mínima das condutas seja igual ao somatório das áreas livres das bocas que servem em cada piso, e a relação entre dimensões transversais não superior a dois.

Quanto à aplicação de condutas colectoras verticais não deverão comportar mais de dois desvios, fazendo cada um ângulo máximo de 20° com a vertical.

Por piso, o comprimento máximo dos ramais horizontais de ligação à conduta colectora vertical será de 2,0 m.

#### 3.4.3. CONTROLO DE FUMO NOS PÁTIOS E PISOS OU VIAS CIRCUNDANTES

Consideram-se naturalmente desenfumados os pátios descobertos. O controlo de fumo nos pátios interiores cobertos prolongados até ao topo do edifício pode ser realizado por desenfumagem passiva ou activa.

No caso de instalações de desenfumagem passiva, as aberturas para admissão de ar devem ser colocadas na zona inferior do pátio e o mais baixo possível, enquanto que as aberturas para evacuação de fumo devem consistir em exutores dispostos na sua cobertura.

Caso existam paredes exteriores sobranceiras à cobertura com vãos não protegidos os exutores devem respeitar a distância mínima de 4 m a essas paredes.

Podem eventualmente ser considerados vãos de evacuação de fachada, desde que estejam situados no terço superior do pátio e não contribuam com mais de um terço para a área total útil das aberturas de evacuação.

A área total útil das aberturas para evacuação não deve ser inferior a 5% da maior das secções horizontais do pátio, medida em planta.

O regulamento relativamente às instalações exige que sejam instalados comandos automáticos a partir de detectores ópticos lineares de absorção na zona superior do pátio e, no caso de pátios com altura superior a 12 m, detectores idênticos instalados a meia altura. Nas duas situações deve existir comando manual de recurso, devidamente sinalizado, accionável do piso principal.

Os pátios devem ainda ser dispostos de painéis de cantonamento ao longo do perímetro do pátio que confine com vias horizontais servindo locais de risco A ou B, para garantir uma altura livre de fumos mínima de 2 m, na desenfumagem dessas vias.

É permitido o recurso a instalações de desenfumagem activa desde que os resultados produzidos sejam equivalentes ao das instalações passivas.

#### 3.4.4. CONTROLO DE FUMO NOS LOCAIS SINISTRADOS

Nas instalações de desenfumagem passiva, as aberturas para admissão de ar devem ser instaladas totalmente na zona livre de fumo e o mais baixo possível, enquanto que as aberturas para evacuação de fumo se devem dispor totalmente na zona enfumada e o mais alto possível.

O somatório das áreas livres das aberturas para admissão de ar deve situar-se entre a metade e a totalidade do somatório das áreas livres das aberturas para evacuação de fumo. No caso de a cobertura apresentar um declive não superior a 10%, a distância medida em planta, de um ponto do local a uma

abertura de evacuação de fumo não deve ser superior a sete vezes o pé-direito, com um máximo de 30m. Se o declive superar os 10%, as aberturas para evacuação devem ser localizadas integralmente acima do pé-direito de referência e o mais alto possível.

Nas bocas de evacuação ligadas a condutas verticais, o comprimento das condutas deve ser inferior a 40 vezes a razão entre a sua secção e o seu perímetro.

Sempre que no mesmo local existam exutores e vãos de fachadas, estes apenas podem contribuir com um terço para a área útil das aberturas de evacuação. Naturalmente desenfumados consideram-se os locais que apresentem fenestração directa para o exterior, desde que vãos possam ser facilmente abertos e as vias de acesso sejam desenfumadas, pisos dos parques de estacionamento cobertos abertos e parques de estacionamento da 1ª categoria de risco, desde que possuam condições para garantir um adequado varrimento.

#### 3.4.5. CONTROLO DE FUMO NAS VIAS HORIZONTAIS DE EVACUAÇÃO

Nas vias horizontais de evacuação no caso da desenfumagem passiva, as aberturas para admissão de ar e evacuação de fumo devem ser alternadamente distribuídas. A distância máxima, medida segundo o eixo da circulação, entre duas aberturas consecutivas de admissão e evacuação deve ser de 10 m nos percursos em linha recta e de 7 m nos restantes percursos.

Qualquer saída de um local de risco não situada entre uma abertura de admissão e outra de escape deve distar, no máximo, 5 m desta última.

As aberturas para admissão de ar não devem ser em número inferior às destinadas ao escape de fumo e estas últimas devem ter a área livre mínima de  $0,10 \text{ m}^2$  por unidade de passagem de largura da via.

No posicionamento de vãos de fachada dever ter-se em conta a eventual acção do vento, dispondo-os de forma a permitirem o varrimento das vias horizontais de evacuação por acção das diferenças de pressão estabelecidas pelo vento em fachadas diferentes.

Não é permitido efectuar ligações a uma mesma conduta vertical destinada a evacuação de fumo por meios passivos em mais do que cinco pisos sucessivos.

#### 3.4.6. CONTROLO DE FUMO NAS VIAS VERTICAIS DE EVACUAÇÃO

Deve existir uma abertura permanente ou estar equipada com um exutor de fumo, com área livre não inferior a  $1 \text{ m}^2$ . O exutor pode permanecer normalmente fechado, devendo ser dotado de um dispositivo de comando manual de abertura, instalado no interior da escada ao nível do acesso.

O somatório das áreas livres das aberturas inferiores deve ser, no mínimo, igual à da abertura superior.

É admissível o recurso à desenfumagem passiva para a desenfumagem das escadas servindo pisos enterrados e com saída directa para o exterior desde que exista uma grelha permanente de  $1 \text{ m}^2$  de área útil da saída, na parte superior da porta ou junto à laje de tecto, e ainda que seja admitido na parte inferior do piso de cota mais baixa, um caudal de ar não inferior a  $0,8 \text{ m/s}$  ou exista admissão de ar por meios passivos devidamente dimensionados.

Nos casos em que seja exigida câmara corta-fogo, esta se situar abaixo do nível de referência e exista um único piso enterrado, a câmara pode ser considerada ventilada e desenfumada se existirem condutas de entrada de ar com dimensões iguais ou superiores a  $0,10 \text{ m}^2$ .

Admite-se que, nas instalações de desenfumagem passiva, o arejamento possa ser assegurado exclusivamente por vãos dispostos em todos os patamares intermédios, cujas áreas úteis por patamar sejam superiores a  $0,25 \text{ m}^2$ . Estes vãos devem estar permanentemente abertos ou possuir abertura

simultânea em caso de incêndio, de modo automático ou por comando do piso de acesso, devidamente sinalizado.

### 3.5. CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS

No dimensionamento de um sistema de desenfumagem é importante conhecer, para além das dimensões do local, o tipo de utilização destinado a esse espaço.

Edifícios de grande extensão, edifícios de grande altura e edifícios com a presença ocupacional de muitas pessoas, serão os que eventualmente representam situações de maior risco em caso de incêndio.

Contrariamente, habitações unifamiliares, isto é, moradias de pequeno volume, são menos críticas, já que por um lado as pessoas depressa atingem a rua, e nestas o principal perigo são as chamas e não propriamente o fumo proveniente da combustão.

Assim quanto à **natureza da construção** identificam-se os seguintes tipos de locais e edifícios:

- **Locais amplos** em edifícios de um ou mais pisos dos quais se distinguem:
  - Local de grande volume (área acima de 1000 m<sup>2</sup>);
  - Local de médio volume (área superior 300 m<sup>2</sup> mas inferior a 1000 m<sup>2</sup>);
  - Local de pequeno volume (área não superior a 300 m<sup>2</sup>);
  - Local extenso (uma das dimensões, comprimento ou largura, seja superior a 60 m);
- **Edifícios elevados**, com vários pisos, que em função da sua altura total podem ser:
  - Edifício de muito grande altura (superior a 50 m);
  - Edifício de grande altura (altura acima de 28 m mas inferior a 50 m);
  - Edifício de média altura (altura superior a 9 m mas inferior a 28 m);
  - Edifício de pequena altura (altura inferior a 9 m);

Quanto à **natureza das actividades** no edifício e com relevância para controlo de fumo, distinguem-se:

- **Locais industriais**, que podem ser amplos e com volumes grandes, médios e pequenos caracterizam-se por duas actividades próprias:
  - Fábrica, onde se realizam um conjunto de processos com vista a determinada produção industrial;
  - Armazém, para matérias-primas ou ferramentas, produtos semi-acabados ou produtos finais;
- **Locais com público**, quer em espaços grandes, médios ou pequenos com actividades económicas diversas:
  - Serviços (muitos deles com espaços amplos);
  - Habitações (geralmente edifícios de grande altura);

Quanto à **natureza das circulações** para pessoas, essencialmente dentro de edifícios destinados a receber público, e que servem de caminho de evacuação em caso de sinistro, destacam-se os seguintes locais:

- **Corredores** ou **circulações horizontais interiores**;
- **Escadas** ou **circulações verticais enclausuradas** que dão acesso para o exterior;

- **Átrios** ou **espaços de passagem amplos** em altura e ladeados por corredores.

### 3.6. EQUIPAMENTOS DE CONTROLO DE FUMO

Um sistema de controlo de fumo passivo é constituído por diversos equipamentos que funcionando em conjunto visam encaminhar o fumo proveniente da ocorrência de um incêndio, do interior para o exterior do edifício.

Os equipamentos habitualmente usados neste tipo de sistema de controlo de fumo são:

- Barreiras de cantonamento;
- Exutores de fumo e/ou Vãos de Fachada;
- Grelhas, bocas e/ou condutas para admissão e/ou extracção de fumo;
- Comando de exutores e/ou vãos de fachada.

Seguidamente será analisada a função de cada um destes equipamentos, bem como o seu dimensionamento ou escolha. Dois aspectos serão comentados para cada um deles: o seu desempenho funcional aliado à estética e economia, e por outro a sua instalação tendo em vista as condições de operação no local da montagem.

#### 3.6.1. BARREIRAS DE CANTONAMENTO

Sempre que a área do local a desenfumar exceda 1600 m<sup>2</sup> ou umas das suas dimensões (comprimento ou largura) exceda os 60 m verifica-se a necessidade de repartir o espaço em cantões, por intermédio de barreiras suspensas do tecto. Estes anteparos limitam a propagação do fumo e dos gases quentes produzido no incêndio, criando reservatórios de fumo que limitam e contêm o curso do fumo, canalizando-o para um sentido determinado. Além disso as barreiras evitam que o fumo se expanda e se misture com ar frio, que o tornaria mais pesado e o faria descer até ao nível do chão, tornando a visão difícil e criando problemas respiratórios para os utentes, causando-lhes pânico ao ocultar os caminhos de evacuação.

Estas barreiras, devidamente dimensionadas, permitem o encaminhamento do fumo para zonas preestabelecidas donde será extraído para o exterior, aumentando o tempo de fuga das pessoas e facilitando o trabalho dos Bombeiros no ataque aos sinistros, uma vez que o fumo tende a ficar contido na área imediata ao local de incêndio.

Dada a área de um determinado local ( $A$ ) obtida pelo produto das suas dimensões, comprimento e largura, caso esta exceda 1600 m<sup>2</sup> ou uma das dimensões seja superior a 60 m a determinação do número de cantões necessários será obtida da seguinte forma:

$$n = \left( \frac{A}{1600} \right) \quad (3.3)$$

em que  $n$  representa o número de cantões (inteiro superior) e  $A$  a área do local em m<sup>2</sup>. Obviamente que se a área do local for inferior a 1600 m<sup>2</sup> a área deste coincide com a área do cantão.

Deverá, sempre que possível, optar-se pela divisão em cantões que apresentem áreas próximas uns dos outros.

O controlo de fumo fica facilitado através da divisão em cantões na medida em que se evita que o fumo se propague por todo o edifício, ficando este limitado à área do cantão em que se encontra. Exige-se que se evite o uso de dimensões superiores a 60 m porque para distâncias superiores revela-se difícil o controlo do fumo.



Assim, as “cortinas” para controlo do fumo devem ser incombustíveis, classe A2 (de acordo com o LNEC M0), para as elevadas temperaturas e apresentar resistência ao fogo E20.

A montagem destas barreiras é geralmente efectuada aproveitando elementos estruturais já existentes no edifício, tal como vigas, procurando sempre que possível tornar a barreira esteticamente agradável.

A sua altura será de acordo com a altura da zona enfumada ( $h_F$ ) que se pretende para o local, isto é, a altura de uma barreira ( $h_B$ ) nunca poderá ser inferior à altura de fumo ( $h_F$ ), sendo que esta será constante para coberturas horizontais e será de altura variável entre o pé-direito mínimo e o máximo, além de uma parcela constante abaixo daquela, para coberturas que apresentem inclinação.



**Figura 3.8** – Simulação computacional de um incêndio num local acessível a público.

A imagem retrata o desenvolvimento do incêndio e fuga de pessoas do local dotado de barreira de cantoneamento [16].

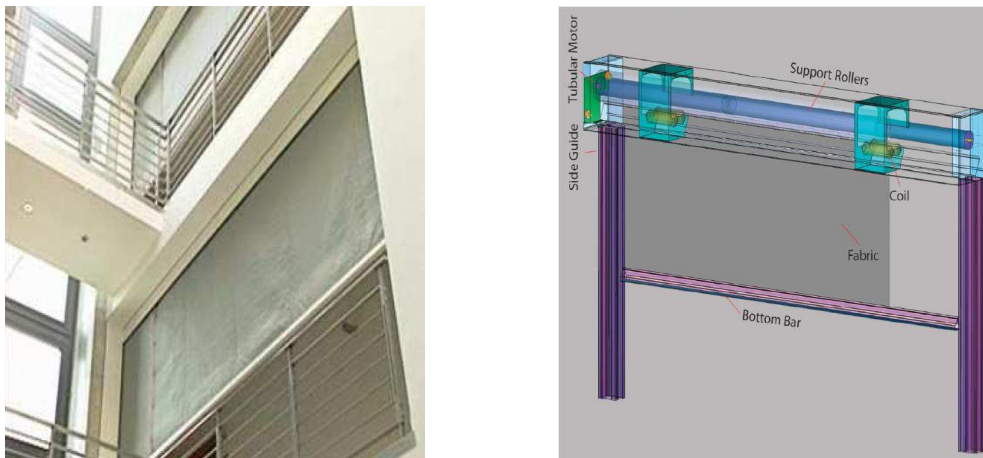
A montagem da barreira tem, assim, por finalidade impedir a propagação do fumo de um cantão para o adjacente. Esta antepara transversal ao edifício terá de ser montada desde a cobertura, inclinada ou não, para que não haja possibilidade de fuga do fumo.

De acordo com as normas francesas, APSAD R17, 2000 altura de fumo ( $h_F$ ) deverá ser maior ou igual a 25% da altura de referência ( $h_R$ ) no caso de esta altura de referência ser menor ou igual a 6 m. Caso a altura de referência seja maior a 6 m então a altura de fumo deverá ser maior ou igual a 2 m, ou seja:

$$\begin{array}{l} \hline h_F \geq 0,25.h_R \quad \text{se} \quad h_R \leq 6 \text{ m} \\ \hline h_F \geq 2,0 \text{ m} \quad \text{se} \quad h_R > 6 \text{ m} \\ \hline \end{array}$$

Dois tipos de barreiras podem ser usadas: barreiras fixas ou móveis. No primeiro caso a cortina está permanentemente activada, enquanto que no segundo caso a barreira encontra-se escondida, descendo automaticamente do seu casulo e tornando-se visível sempre que na vizinhança seja detectado fumo.

A **Figura 3.9** exemplifica uma barreira móvel.



**Figura 3.9** – Barreiras móveis para controlo do movimento do fumo no interior de edifícios [15,16].

A cortina móvel compreende uma tela flexível, resistente ao calor, e impenetrável ao fumo e gases quentes, e um tubo circular ou quadrangular à volta do qual, no seu estado de não utilização se encontra enrolada.

O tubo é dotado de um motor eléctrico ou eventualmente um motor pneumático, que mantém a cortina retraída ao nível do tecto, e que desenrola a tela automaticamente a partir de cima, aquando do sinal de existência de fumo. Existe uma barra inferior que mantém a tela em tensão e que lhe serve de revestimento enquanto a cortina se encontra retraída, facilitando a sua descida já que reduz o movimento lateral da tela em correntes de ar. O motor e a tela encontram-se ambos dentro de uma caixa de aço. As cortinas devem ser dotadas de sistemas autónomos de fornecimento de energia para caso haja falha na energia do sector público, possam descer para a sua posição operacional de uma maneira segura e controlada.

Alternativamente à cortina dotada de motor eléctrico, o qual origina a descida da mesma quando assim se pretende, existe uma cortina que cai devido ao efeito da gravidade de forma controlada até a um nível predeterminado em situação de incêndio.

O tecido da cortina poderá ser em fibra de vidro com uma espessura de aproximadamente 0,40 mm e apresentando um peso de 490 g/m<sup>2</sup>, podendo resistir a uma temperatura de 600 °C até 120 minutos.

A **Figura 3.10** ilustra parte de uma cortina em fibra de vidro.

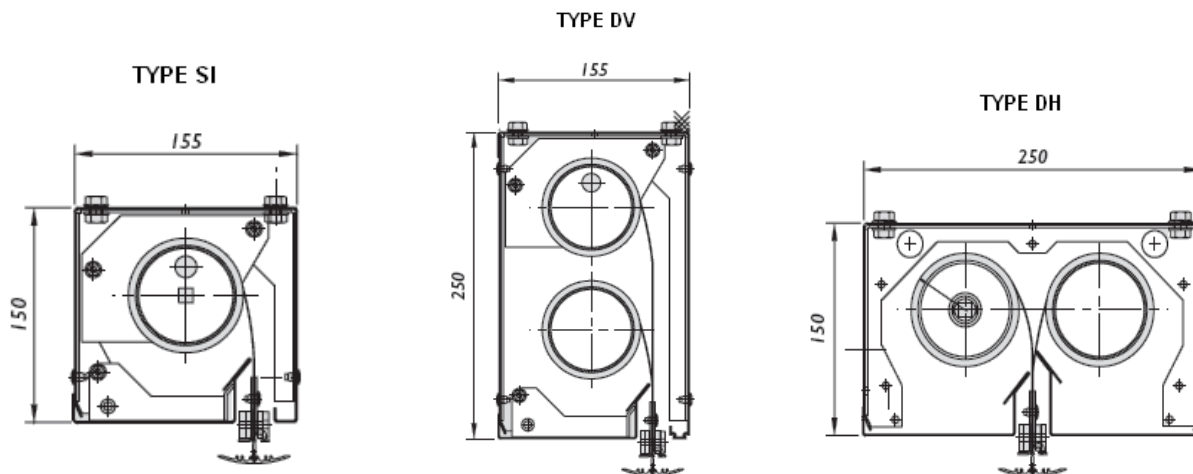


**Figura 3.10** – Cortina para controlo de fumo [16].

Legenda:

1 – Fibra de vidro não inflamável; 2 - Barra de alumínio no fundo; 3 - Perfil de peso.

De acordo com o catálogo da empresa consultada existem três modelos disponíveis para cortinas móveis os quais se representam na **Figura 3.11** em baixo.

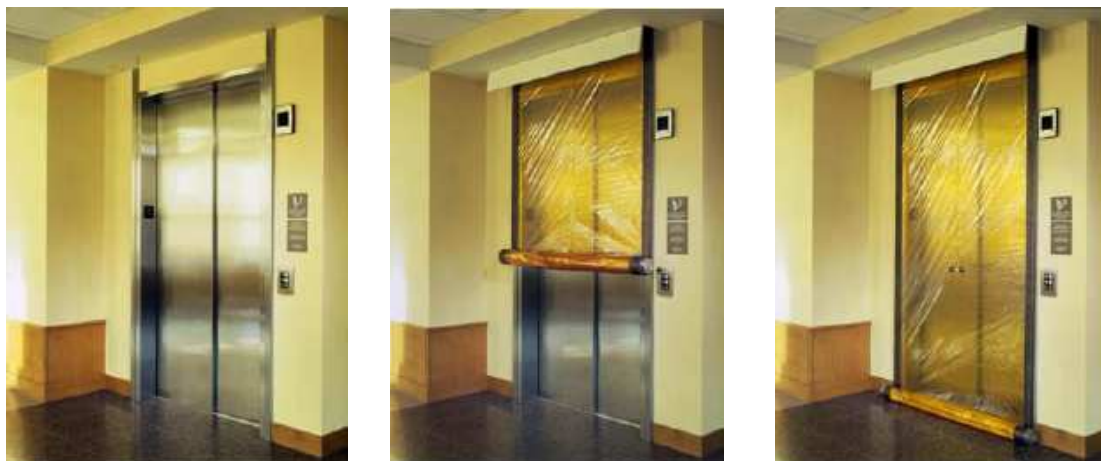


**Figura 3.11** – Exemplos de cortinas móveis. Mecanismo unitário, mecanismo duplo segundo a vertical e mecanismo duplo segundo a horizontal, da esquerda para a direita [16].

A cortina móvel é frequentemente aplicada em centros comerciais já que permite um melhor enquadramento na arquitectura, maximizando a área do local e tornando o espaço em questão aprazível. No entanto, a sua eficácia e aplicação devem ser alvo de estudo caso a caso.

Refere-se ainda a existência de cortinas automáticas aplicáveis a caixas de elevadores que visam reduzir o movimento de fumo através do seu eixo, dificultando a passagem do fumo do piso sinistrado para os restantes, promovendo assim uma evacuação do edifício em segurança. Este sistema incorpora uma tela montada acima da porta do elevador, geralmente oculta, e que é activada pelo detector de fumo que origina o seu movimento descendente segundo a vertical à porta do elevador.

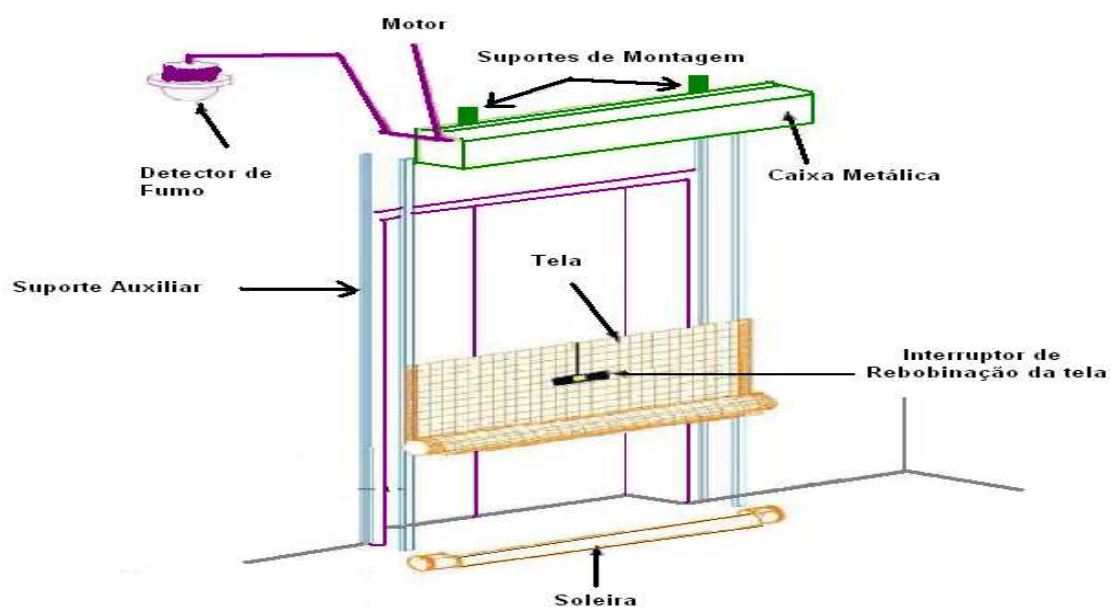
Caso os ocupantes pretendam passar a barreira de fumo é possível fazê-lo através de interruptores localizados de ambos os lados da tela (ver **Figura 3.13**). A tela recolhe até uma determinada altura que permite a saída das pessoas, voltando à sua posição ao fim de 4 a 5 segundos de forma a impedir a passagem de fumo. Em baixo representam-se três fases distintas: a primeira com a tela recolhida no topo através da antepara, a segunda ilustra após o disparo do detector de fumo a descida na vertical da tela transparente em frente à entrada do elevador, e a terceira representa a tela completamente activada sem que esta interfira com a porta do elevador.



**Figura 3.12** – Três fases distintas de actuação da tela de protecção ao fumo [15].

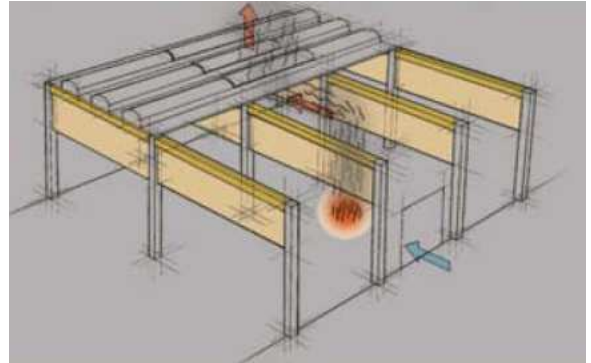
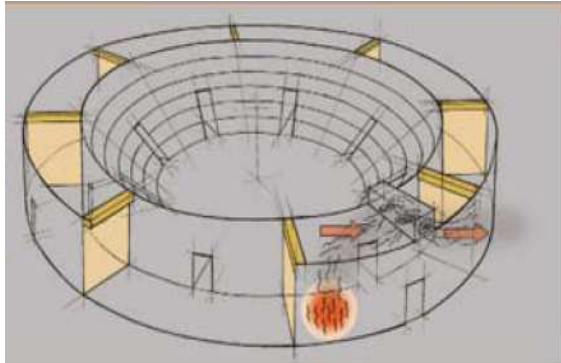


**Figura 3.13** – Interruptor de rebobinação da tela localizado nos dois lados da mesma, possibilitando a sua subida para saída de pessoas [15].



**Figura 3.14** – Esquema de uma porta de elevador dotada de tela para controlo de fumo [15].

As barreiras fixas de controlo do movimento do fumo devem no entanto, sempre que possível, ser usadas na medida em que apresentam maior fiabilidade, já que não dependem de mecanismos automáticos para a sua activação. As imagens seguintes ilustram exemplos das suas aplicações.



**Figura 3.15** – Controlo do movimento de fumo em: estádio de futebol (à esquerda) e edifício industrial (à direita) [15].



**Figura 3.16** – Instalação industrial dotada de barreira de cantonamento para controlo de fumo [15].

Hoje em dia, é possível encontrar no mercado, cortinas horizontais para controlo de fumo. Estas encontram-se em condições normais totalmente recolhidas numa caixa de rolos motorizados, e que se movem na horizontal em caso de incêndio, selando a passagem do fumo de um piso para o outro, proporcionando a compartimentação desejada. A imagem em baixo é um exemplo de uma cortina horizontal.



**Figura 3.17** – Cortina de fumo horizontal [15].



### 3.6.2. EXUTORES DE FUMO E VÃOS DE FACHADA

Os exutores são equipamentos que intervêm directamente na desenfumagem. São colocados na cobertura dos edifícios para permitir a extracção natural de fumo.

Uma vez que estes permitem a extracção de fumo e ar quente produzido no incêndio, devem apresentar uma boa resistência a elevadas temperaturas, sem deterioração, sob pena de por em risco a função para a qual se destinam. Exige-se assim a escolha de materiais com bom comportamento ao fogo comprovados através da realização de ensaios.

Os exutores são essencialmente compostos por:

- *Base*: parte fixa que assenta na cobertura e que suporta os restantes elementos;
- *Tampa*: parte móvel do exutor cuja abertura permite a saída de fumo;
- *Comando*: dispositivo manual ou automático que permite a abertura da tampa em caso de ocorrência de incêndio;
- *Fusível térmico*: liga metálica termossensível que assegura o fecho da tampa. Quando sujeita a temperaturas na ordem dos 70 °C provocadas pelo incêndio, esta peça funde permitindo a abertura das tampas dos exutores. Terá de ser substituída sempre que o exutor abra para saída de fumo.

Conforme a base e tampa que os exutores apresentem assim poderão ser classificados. Distinguem-se quanto à forma da base, podendo ser: exutores de forma rectangular ou exutores de forma circular, e quanto à natureza da tampa podem ser de: tampa clarabóia ou tampa persiana.

Exutores de forma rectangular e quadrangular correspondem à configuração mais usual, na medida em que correspondem a uma fabricação mais económica, e têm uma montagem nas coberturas mais fácil para além de se adaptarem melhor sob o ponto de vista estético nas diversas situações arquitectónicas.

Exutores de forma circular usam-se com menor frequência porque a sua montagem é mais cara e complexa, logo pouco atractiva a sua aplicação. Relativamente ao tipo de exutor rectangular ou quadrangular, apresenta ainda a desvantagem de esteticamente ser menos agradável na grande parte das situações.

Quanto à natureza da tampa os exutores do tipo tampa clarabóia, são constituídos de um material sintético ou vidro armado através de fios metálicos ou ainda através de fibras endurecidas, resistentes a temperaturas elevadas 800 °C a 1200 °C, podendo acumular para além da função de saída de fumo em caso de incêndio, a iluminação zenital do espaço interior. A tampa do exutor pode ser de uma aba, ou de duas abas, consoante as dimensões do exutor.

O exutor tipo persiana é formado por lamelas paralelas em aço inoxidável que rodam permitindo a saída de fumo, além disso podem também contribuir para iluminação e arejamento do espaço interior.



**Figura 3.18** – Exutores para saída de fumo. Exutor de tampa clarabóia de uma aba (à esquerda), e exutor tipo persiana à direita.

Para exutores que apresentem forma rectangular ou quadrangular a sua área geométrica,  $A_{GE}$  será obtida pelo produto das suas dimensões transversais (comprimento x largura), no caso de exutores circulares será igual ao produto de  $\pi.R^2$ .

No entanto para os dois tipos de exutores, nem toda a sua área geométrica contribui para o escoamento do fumo, havendo a necessidade de esta área  $A_{GE}$  ser afectada por um coeficiente, menor que a unidade, para se obter a área útil do exutor  $A_{UE}$ . Esta área útil será sempre inferior à área geométrica.

É de todo o interesse caracterizar a eficácia das aberturas em exutores do ponto de vista aerodinâmico à passagem de fumo.

Os fabricantes deverão fornecer o valor do factor de construção, habitualmente designado por  $\lambda$  e que exprime a eficácia aerodinâmica da abertura. Este coeficiente é determinado pela divisão da área útil, determinada por ensaios aerólicos rigorosos, pela área geométrica da respectiva abertura:

$$\lambda = \frac{A_U}{A_G} \quad (3.4)$$

A obtenção deste factor de construção  $\lambda$  é feita por ensaios de dinâmica de fluidos, em laboratórios devidamente credenciados.

Ensaio estes que são descritos nas normas francesas sobre desenfumagem, Régle APSAD R17.

O conhecimento deste factor de construção revela-se importante no dimensionamento da área útil de um exutor, já que um exutor de comprimento  $C_E$  e largura  $L_E$  cuja área geométrica será de  $C_E \times L_E$ , terá uma área útil de  $\lambda_E \times C_E \times L_E$  que se apresenta menor que a anterior na medida em que  $\lambda_E$  é sempre menor que a unidade.

Este factor de construção para exutores ronda o valor de 0,70 a 0,75 o que significa que se desaproveita em geral, 25% a 30% da sua área geométrica.

O projecto de RG – SCIE afirma que se o exutor de cobertura abrir segundo um ângulo superior a  $110^\circ$  pode ser considerado, para efeitos de cálculo, a área útil é igual a 100% da sua área livre. No entanto sempre que catálogos de exutores apresentem o respectivo coeficiente de construção  $\lambda_E$  aconselha-se a que este seja considerado no seu dimensionamento, salvaguardando assim a segurança, apesar das implicações óbvias a nível económico. Além da garantia deste factor de construção, o fabricante deverá acautelar a qualidade dos materiais a elevadas temperaturas através de ensaios de deformação térmica, assegurando que a área útil do exutor não sofre diminuição por deformação devido ao calor gerado.

De acordo com as regras francesas sobre desenfumagem, a superfície útil da abertura de um exutor não deverá ser inferior a  $0,50 \text{ m}^2$  nem superior a  $6,00 \text{ m}^2$ .

Alternativamente ou em conjunto com a instalação de exutores na cobertura, poderão ser usadas para desenfumagem natural dos locais, aberturas praticadas em paredes exteriores, isto é, vãos de fachada. No entanto, quando num cantão se instalem exutores e vãos de fachada para controlo de fumo, tem de se garantir que os vãos de fachada não contribuem em mais de um terço para a área útil da instalação para saída de fumo.

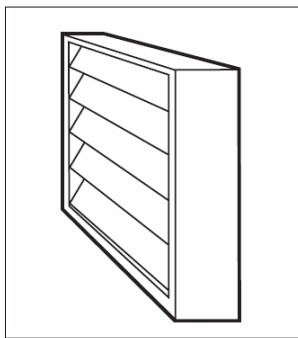
Estas deverão ser sempre colocadas na zona enfumada, para permitir a saída de fumo, podendo permitir a entrada de ar caso estas sejam colocadas em zonas mais baixas, próximas dos pavimentos.

Este tipo de equipamento possui umas grelhas de lamelas, amovíveis e que permite que rodem um ângulo de 60° com a vertical, para a saída de fumo. Os materiais que constituem estas grelhas devem ser da classe M0 e classe corta-fogo no mínimo igual à classe exigida para as condutas de extracção.

Tal como para os exutores anteriormente mencionados, define-se a área geométrica do vão de fachada  $A_{GV}$ , como o produto das suas duas dimensões (comprimento x largura), que afectada pelo factor de construção  $\lambda_v$ , dá origem a área útil do vão de fachada  $A_{UV}$ , verificando-se sempre que  $A_{UV}$  é inferior à  $A_{GV}$ , já  $\lambda_v$  é sempre inferior à unidade.

Dado um determinado vão de fachada com comprimento  $C_v$  e altura  $h_v$  a sua área geométrica será  $C_v \times h_v$  que multiplicada pelo factor de construção  $\lambda_v \times C_v \times h_v$  corresponde à respectiva área útil do vão.

Refere-se que este factor de construção deverá ser obtido através de ensaios aerólicos feito por entidades reconhecidas para tal efeito, e que na ausência de tal informação se admite regulamentarmente o valor de  $\lambda_v = 0,50$ . Significa isto, que apenas se admite 50% da área geométrica será útil na extracção de fumo e uma vez mais admitindo que as aberturas das grelhas possam inclinar pelo menos um ângulo de 60° com a vertical.



**Figura 3.19** – Vão de fachada para parede externa de um edifício [15].

O factor de construção dado pela relação entra a área útil e geométrica quer se trate de exutores ou aberturas em fachadas, caracteriza a eficácia aerodinâmica do equipamento, que quanto maior (mas sempre inferior a 1), melhor será, na medida em que “mais” área geométrica é útil na desenfumagem.

No entanto, outro factor assume importância neste tipo de equipamento de desenfumagem, o factor de montagem, designado por  $\mu$ . Como o nome indicia este factor varia consoante a altura onde se efectua a montagem do equipamento, isto é, conforme ela seja feita abaixo da altura de referência, ou acima da altura de referência.

Este factor procura atender ao facto de uma abertura de desenfumagem montada acima do nível de referência, facilitar a saída de fumo, devido a um certo efeito chaminé, e, contrariamente, uma abertura colocada abaixo do nível de referência reduzir a extracção.

No primeiro caso a abertura comporta-se como se para a sua área geométrica, a área útil fosse superior, no segundo caso (com a montagem inferior ao nível de referência) é como se para a mesma área geométrica a sua área útil fosse menor.

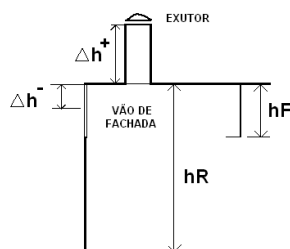
Obviamente que para montagens feitas ao nível de referência, este factor de montagem ( $\mu$ ) assume-se igual à unidade, não interferindo no cálculo da área útil.

A expressão que permite obter este factor de montagem  $\mu$  adimensional é:



$$\mu = \sqrt{1 + \frac{\Delta h}{h_F}} \quad (3.5)$$

Em que  $\Delta h$  representa o desnível de montagem do dispositivo relativamente à altura de referência em metros, positivo nas montagens sobrelevadas e negativo nas montagens subelevadas. Para montagens abaixo da altura de referência o desnível  $\Delta h$  corresponde a distância que vai desde metade da altura da abertura até à altura de referência (ver **Figura 3.20**). A altura de fumo  $h_F$  vem também em metros.



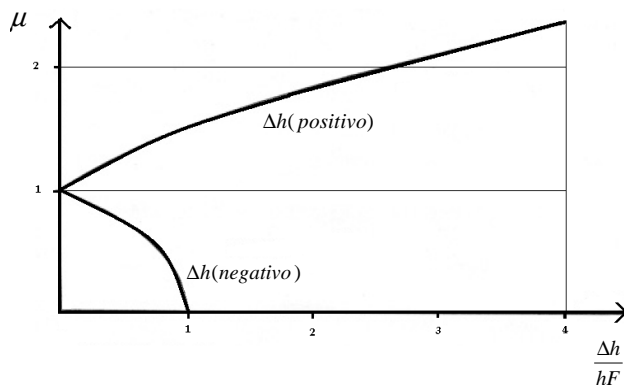
**Figura 3.20** – Cálculo do desnível  $\Delta h$ .

O **Quadro 3.1** apresenta para determinado tipo de montagem o respectivo sinal adoptar para  $\Delta h$  e respectivo valor do coeficiente de montagem  $\mu$ .

**Quadro 3.1** – Factor de Montagem

Montagem	$\Delta h$	$\mu$
Subelevada (Abaixo altura de referência)	Negativo	Menor que 1
Ao nível da altura referência	Nulo	Igual a 1
Sobrelevada (Acima da altura de referência)	Positivo	Maior que 1

Graficamente vem:



Estes dois factores descritos são independentes um do outro, mas a sua conjugação permite obter a área útil efectiva de uma abertura de desfumagem no local da montagem.

Genericamente, a área útil efectiva de uma abertura, seja ela através de exutor ou vão de fachada, é obtida por:

$$A_U = \lambda \cdot \mu \cdot A_G \quad (3.6)$$

Em que  $A_U$  representa a área útil efectiva da abertura,  $\lambda$  o factor de construção,  $\mu$  o factor de montagem e  $A_G$  a área geométrica da abertura.

### 3.6.3. GRELHAS, BOCAS E CONDUTAS PARA ADMISSÃO DE AR E EXTRACÇÃO DE FUMO

Por vezes surge a necessidade de utilizar grelhas, bocas e/ou condutas para a admissão e/ou extracção de fumo num determinado local. As bocas de admissão de ar e as de extracção de fumo, dispostas no interior do edifício devem permanecer normalmente fechadas por obturadores, com excepção dos casos em que estas sirvam condutas exclusivas de um piso nas instalações de ventilação, e de tratamento de ar que participem no controlo de fumo. Os obturados que garantem o fecho, isto é, que impedem a passagem de ar, devem ser constituídos por materiais de classe A1 e apresentar uma resistência E ou EI, consoante realizem admissão ou extracção, de escalão igual ao requerido para as condutas respectivas. Estes obturadores devem ser dotados de um fusível térmico actuante à volta dos 70° C que permitam que quando seja atingida esta temperatura, o obturador se abra e permita a passagem de ar fresco, ou saída de fumo consoante realizem admissão ou extracção.

Quando a instalação destas bocas se realiza a uma altura baixa, no caso de admissão de ar, logo, acessível a pessoas, convém precaver situações de intrusão de objectos através do uso de grelhas metálicas.

As condutas de insuflação de ar e extracção de fumo devem ser constituídas por materiais incombustíveis A1 (classe M0) e apresentar uma resistência ao fogo igual à requerida para paredes ou pavimentos que atravessam, mas não inferior a EI 15 por forma a evitar que nenhuma componente do sistema de controle de fumo constitua um ponto fraco.

Relativamente ao material das condutas, deverá usar-se aço galvanizado com paredes lisas e pouco porosas, assegurando assim uma desenfumagem eficaz. As condutas devem ser convenientemente soldadas, evitando que aconteçam fugas de fumo através de fendas ou juntas mal realizadas.

É possível realizar bocas circulares, no entanto são habitualmente usadas bocas rectangulares nas condutas quer para a insuflação, quer para a extracção.

De acordo com as normas, a área geométrica das bocas rectangulares, correspondente ao produto da sua largura pela sua altura, não deve ser inferior a 0,20 m<sup>2</sup> e a relação entre dimensões transversais não superior a dois, também aplicável a condutas, ou seja:

$$A_{Gb} = L_b \cdot h_b \quad (3.7)$$

em que  $A_{Gb}$  representa a área geométrica da boca rectangular em m<sup>2</sup>,  $L_b$  a largura da boca e  $h_b$  a altura da boca, ambas as dimensões em metros. Cada uma das dimensões é sempre inferior ao dobro da outra ou seja,  $L_b \leq 2 \cdot h_b$  e  $h_b \leq 2 \cdot L_b$  e a área geométrica das bocas apresenta uma área superior a 0,20m<sup>2</sup> ( $A_{Gb} \geq 0,20 \text{ m}^2$ ). Se a boca for circular a sua área geométrica será obtida por:

$$A_{Gbcir} = \pi \cdot r_b^2 \quad (3.8)$$

em que  $A_{Gbcir}$  representa a área geométrica da boca circular m<sup>2</sup> e  $r_b$  o raio da boca circular em metros. A área útil da boca ( $A_{Ub}$ ) será obtida pelo produto da sua área geométrica ( $A_{Gb}$ ) pelo factor de construção  $\lambda_b$ :

$$A_{Ub} = \lambda_b \cdot A_{Gb} \quad (3.9)$$

Sempre que estas bocas de insuflação ou extracção se situem a alturas que permitam o acesso de pessoas, em especial nos locais destinados a receber público, devem ser protegidas por grelhas a fim de evitar a introdução de objectos nas condutas. Protecção esta que pode ser feita por via de grelhas com malhas metálicas.

A secção mínima das condutas terá de ser igual ao somatório das áreas livres das bocas que servem em cada piso, de maneira a que não haja estrangulamentos ao escoamento do fumo:

$$A_{C\min} = n_b \cdot A_{Gb} \quad (3.10)$$

em que  $A_{C\min}$  representa a área mínima da conduta em  $m^2$ ,  $n_b$  o número de bocas servidas pela conduta e  $A_{Gb}$  a área geométrica das condutas  $m^2$ .

Para além disso, de forma a evitar perturbações no escoamento do fumo, deverá usar-se uma secção constante ao longo de toda a conduta.

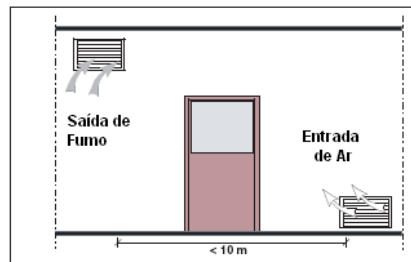
A extensão dos ramais horizontal das condutas no controlo passivo, em cada piso, não deverá exceder 2,0 m até à conduta vertical.

As condutas verticais com bocas de extracção passiva não podem comportar mais de dois desvios, fazendo cada um deles no máximo um ângulo de  $20^\circ$  com a vertical, estando o seu comprimento limitado a 40 vezes a razão entre a sua secção e o seu perímetro ou seja:

$$l_c \leq 40 \cdot \frac{A_c}{P_c} \quad (3.11)$$

em que  $l_c$  representa o comprimento da conduta vertical em metros,  $A_c$  a área da secção transversal da conduta em  $m^2$  e  $P_c$  o perímetro da secção da conduta em metros.

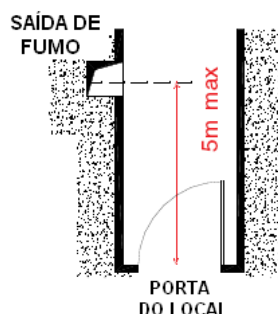
Nos corredores com controlo passivo de fumo as bocas da conduta de extracção montam-se pelo menos a 1,80 m do pavimento, e as bocas de introdução de ar, no máximo até à altura de 1,0 m e alternadamente com as anteriores.



**Figura 3.21** - Posição de aberturas de extracção de fumo e admissão de ar [8].

É de todo o interesse que junto à escada se coloque uma boca de extracção, eliminando assim a possibilidade de eventual intrusão de fumo, próximo da porta que dá acesso à escada, não podendo esta saída distar mais de 5,0 m da porta.

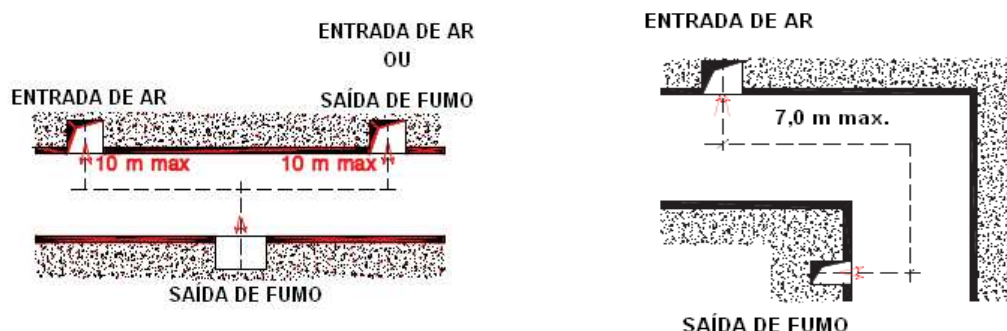
Qualquer saída de um local de risco não situada entre uma abertura de admissão e outra de escape deve distar, no máximo 5,0 m desta última.



**Figura 3.22** - Distância de uma saída de um local de risco [12].

As bocas de insuflação e extracção deverão ser colocadas alternadamente e espaçadas no máximo de 10,0 m medida segundo o eixo da circulação (15,0 m nas vias horizontais de evacuação de controlo activo) e 7,0 m (10,0 m nas vias horizontais de evacuação de controlo activo) nas mudanças de direcção dos corredores.

As aberturas para admissão de ar não devem ser em número inferior às destinadas ao escape de fumo e qualquer destas últimas dever ter a área livre mínima de  $0,10 \text{ m}^2$  por unidade de passagem de largura da via, ou seja, quanto mais larga for a circulação horizontal para as pessoas, maior é a área das bocas.



**Figura 3.23** - Distância de aberturas de admissão e extracção por controlo passivo, em linha recta e em mudanças de direcção em vias horizontais de evacuação [12].

Será vantajoso que as bocas de insuflação comecem na extremidade do corredor longe da escada, a fim do ar insuflado varrer todo o corredor.

Não é possível efectuar ligações a uma mesma conduta vertical destinada a evacuação de fumo por meios passivos em mais do que cinco pisos sucessivos.

### 3.7. CÁLCULO DA ÁREA ÚTIL DA INSTALAÇÃO ( $A_{U1}$ )

Dado um determinado cantão, cuja área é dada pelo produto das suas duas dimensões (comprimento do cantão x largura do cantão), como foi referido em 3.6.1. é necessário saber qual a área total a garantir para saída de fumo, para depois escolher o tipo de exutores e/ou vãos de fachada que afectados dos dois factores já mencionados, perfazem essa mesma área. Ou seja, o somatório das áreas úteis dos exutores e/ou vãos de fachada instalados designada por área útil efectiva instalada ( $A_{U\text{Instalada}}$ ),

num dado local, terá no mínimo de igualar a área útil da instalação ( $A_{UI}$ ). Por outras palavras, o somatório das áreas úteis a instalar para saída de fumo, tem de superar a área útil total necessária à desenfumagem obtida no cálculo,  $A_{U\text{Instalada}} \geq A_{UI}$ . Torna-se assim necessário conhecer a área útil de instalação da extracção de fumo ( $A_{UI}$ ), a qual será obtida conforme as regras propostas pelas normas francesas.

Primeiro há que distinguir a diferença entre a instalação de exdutores de fumo e calor em edifícios industriais e comerciais que é feita com base no extracto da regra *R.17 DA APSARD* (Assemblée Plénière des Sociétés D'assurances contre L'incendie et les risques divers) e a desenfumagem nos locais acessíveis a público, correspondente ao extracto da *instrução técnica N° 246* relativa ao regulamento Francês.

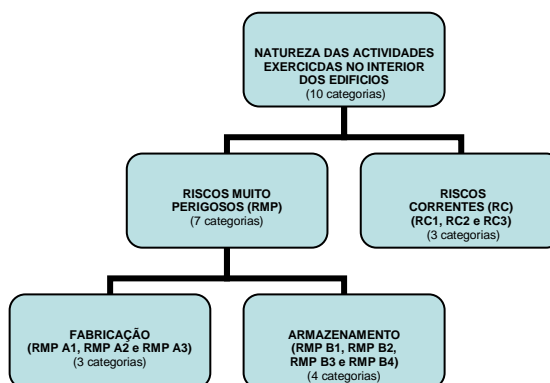
Embora o procedimento de dimensionamento seja em tudo semelhante, os pressupostos em que se baseiam são diferentes, existindo para estes dois casos tabelas distintas.

Em edifícios com actividades industriais (fabricação e armazenamento) usam-se três tipos de tabelas distintas, que se baseiam em pressupostos de risco. O risco do incêndio provocado pela *natureza da actividade* exercida nos edifícios ou pela *natureza das mercadorias* que neles são depositadas influem no cálculo da desenfumagem. Por tal razão, no referido cálculo, deverá ter-se em conta uma classificação particular dos riscos.

Segundo a norma francesa esta classificação comporta duas grandes classes de risco: **Riscos Correntes (RC)** que se dividem em quatro categorias (RC1, RC2, RC3, RC3S) e, os **Riscos Muito Perigosos (RMP)** que se dividem em sete categorias, três das quais correspondem a *actividades de fabricação* (RMP A1, RMP A2 e RMP A3) e quatro correspondentes a *actividades de armazenamento* (RMP B1, RMP B2, RMP B3 e RMP B4), conforme o **Quadro 3.2** onde constam também sete grupos de risco (GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, GR7) em que foram repartidas as diferentes categorias a fim de serem utilizados na determinação da superfície útil da instalação.

Nos riscos correntes (RC), os materiais no local do fogo não dão origem a um incêndio com evolução rápida nem intensa na sua fase inicial, apresentam 3 categorias (RC1, RC2, RC3) sucessivamente mais agressivas. Nos riscos muito perigosos (RMP) os materiais existentes dão origem a um incêndio cuja evolução é rápida e intensa na fase inicial. A classificação RMP A1 para fabricação e RMP B1 para armazenamento são as menos agressivas, sendo as restantes cada vez mais exigentes (ver **Quadros 3.3** e **3.4**). Sempre que as actividades exercidas num local ou cantão pertencem a categorias diferentes, toma-se como dominante a categoria mais elevada, deste modo os dimensionamentos fazem-se pelo lado da segurança. O organograma seguinte sintetiza a classificação usada para edifícios industriais (fabricação e armazenamento).

Organograma para classificação para Edifícios Industriais



**Quadro 3.2** – Extracto para a classificação das categorias de risco industriais em função das actividades exercidas (RC – risco corrente, RMP – risco muito grave) em fábricas (A) e armazéns (B) para efeitos de controlo de fumo passivo.

Natureza da actividade	Fábrica	Armazém
Cervejaria	RC2	RMP B1
Matadouro	RC1	RMP B1
Tipografia	RC3	RMP B2
Resina Natural	RMP A2	RMP B3
Pintura (óleo)	RMP A1	RMP B2

**Quadro 3.3** – Classificação dos grupos de risco em função das categorias de risco (RC – risco corrente, RMP – risco muito perigoso) para efeito de desenfumagem natural em instalações industriais (A – fábricas, B – Armazém).

Categoria de Risco	Altura máxima Armazenamento em metros	Grupo de Risco (GR)
RC1	-	1
RC2	-	2
RC3	-	3
RMP A1, A2 e A3	-	4
RMP B1	4,0	3
	7,6(*)	4
RMP B2	3,0	3
	5,9	4
	7,5(*)	5
RMP B3	2,1	3
	4,1	4
	5,2	5
	6,3	6
	7,7(*)	7
RMP B4	1,2	3
	2,3	4

(\*) Para valores superiores estas normas não poderão ser aplicadas.

**Quadro 3.4** – Extracto para obtenção da taxa de desenfumagem  $\alpha$  em percentagem, para edifícios industriais em função dos seus parâmetros locais (altura de referência, altura da zona enfumada) e do risco das actividades exercidas (grupo de risco GR).

Altura de referência (metros)	Altura da zona enfumada (metros)	Taxa $\alpha$						
		GR1	GR2	GR3	GR4	GR5	GR6	GR7
4,0	1,00	0,30	0,43	0,61	0,86	1,05	1,20	1,46
4,5	1,50	0,25	0,35	0,50	0,70	0,86	1,05	1,19
	1,25	0,31	0,43	0,61	0,87	1,06	1,30	1,47
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Em edifícios destinados a receber público apenas se usam duas tabelas e distintas das usadas para edifícios com actividades industriais. A diferença nos edifícios recebendo público em relação aos anteriormente referidos, consiste na variedade de utilizações dos espaços a proteger.

Existem três classificações de risco, **Classe1**, **Classe2** e **Classe3**, sucessivamente mais severas e que são função das actividades a que os locais se destinam.

As três classes de actividade para edifícios que recebem público para controlo de fumo passivo são apresentadas no **Quadro 3.5** seguinte.

**Quadro 3.5** – Classes de actividades para edifícios que recebem público.

<b>CLASSE 1</b>	Restaurantes, cafés, bares e estabelecimentos de consumo de bebidas, salas de reuniões, e salas de jogos, estabelecimentos de ensino, estabelecimento desportivos cobertos, hotéis, motéis, pensões, salões colectivos, estabelecimentos hospitalares, locais de culto, bancos, administrações públicas ou privadas.
<b>CLASSE 2</b>	Discotecas e salões de baile, salas polivalentes, museus.
<b>CLASSE 3</b>	Armazéns de venda, centros comerciais, galerias e salas de exposição, bibliotecas, arquivos e centros de documentação.

Com base na classe de risco obtida no **Quadro 3.5**, a taxa de desenfumagem em percentagem para edifícios recebendo público é obtida pelo **Quadro 3.6** seguinte.

**Quadro 3.6** – Extracto para obtenção da taxa de desenfumagem  $\alpha$  em percentagem nos edifícios recebendo público em função dos seus parâmetros locais (altura média do tecto ou cobertura, altura da zona livre de fumos) e das actividades exercidas (classe 1, 2 e 3).

Altura média do tecto ou cobertura (metros)	Altura da zona livre de fumos (metros)	Taxa $\alpha$ em percentagem		
		Classe 1	Classe 2	Classe 3
2,50 a 3,00	2,50	0,33	0,46	0,65
	2,00	0,17	0,23	0,33
3,50	3,00	0,43	0,61	0,86
	2,50	0,23	0,33	0,46
	2,00	0,14	0,19	0,27
...	...	...	...	...

### 3.7.1. EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS

Uma vez conhecida a natureza da actividade do local (**Quadro 3.2**) é possível obter a categoria de risco da indústria quer para a fábrica (A) quer para o armazém (B). Esta categoria de risco, vai permitir através da **Quadro 3.3** obter o grupo de risco correspondente, que por sua vez vai permitir a obtenção de  $\alpha$  (taxa de desenfumagem) com base na **Quadro 3.4** e conhecida a altura de referência  $h_R$  e a altura de fumo  $h_F$ .

Analisando as tabelas verifica-se que para uma dada altura de referência, e para a mesma altura da zona enfumada ( $h_F$ ), a taxa de desenfumagem ( $\alpha$ ) aumenta sempre que o grupo de risco (GR) também aumenta, o que significa que para grupos de risco mais severos são exigidas áreas úteis para saídas de fumo superiores. Para a mesma altura de referência ( $h_R$ ) e variando a altura da zona enfumada ( $h_F$ ), constata-se que para alturas sem fumo superiores a taxa de desenfumagem ( $\alpha$ ) é superior, ou seja, é necessário um ritmo de extracção de fumo maior, o que é conseguido pelo aumento das aberturas ou eventualmente pela área das mesmas.

Estas regras no entanto pressupõem que altura de referência tenha uma altura mínima de 4,0 m e que a altura da zona enfumada seja de 1,0 m. No entanto para alturas entre 3,0 m a 4,0 m poderá usar-se a tabela da mesma forma, já que não se compromete a segurança. Isto porque se para uma dada altura de referência de 4,0 m com uma altura de fumo de 1,0 m (garantindo 3,0 m livres de fumo) se obtém um determinado valor de  $\alpha$ , (valor este que garante os 3,0 m livres de fumo) se a altura de referência for por exemplo 3,0 m, usando o mesmo valor de  $\alpha$  é pelo lado da segurança, já se irá obter uma desenfumagem superior à necessária.

Sempre que a altura de referência não tenha entrada directa na tabela, isto é, fique entre duas alturas intermédias, a taxa de desenfumagem será obtida por interpolação linear entre o valor anterior e o seguinte.

A área útil da instalação ( $A_{UI}$ ) é assim obtida pelo produto da taxa de desenfumagem ( $\alpha$ ) pela área do cantão, uma vez que de  $\alpha$  vem em percentagem multiplica-se por 0,01.



Assim:

$$A_{UI} = 0,01 \cdot \alpha \cdot A_{cant\tilde{a}o} \quad (3.12)$$

em que  $\alpha$  representa a taxa de desenfumagem que é obtida pelo **Quadro 3.4** e  $A_{cant\tilde{a}o}$  a área do cantão em m<sup>2</sup>.

Conhecida a  $A_{UI}$  o dimensionamento dos exutores é feito por tentativas [1], a partir de equipamentos arbitrados e verificando a sua compatibilidade técnica na distribuição final, assim como a relação custo/benefício.

A escolha das dimensões dos exutores deverá permitir evitar muitas aberturas de pequena dimensão ou poucas aberturas mas de grandes dimensões. Define-se então um número regular de exutores a instalar, que segundo as normas Francesas [4], deverão ser instalados pelo menos, 4 exutores por cada 1000m<sup>2</sup> de área de cantão, ou seja o número regular de exutores será:

$$n_{regular} = \left( \frac{4 \cdot A_{cant\tilde{a}o}}{1000} \right) = \left( \frac{A_{cant\tilde{a}o}}{250} \right) = 0,004 \cdot A_{cant\tilde{a}o} \quad (3.13)$$

com  $n_{regular}$  igual ao número regular de exutores.

Define-se então a área útil regular dos exutores como sendo o cociente entre a área útil da instalação  $A_{UI}$  e o número regular de exutores ou seja:

$$A_{UE,regular} = \left( \frac{A_{UI}}{n_{regular}} \right) \quad (3.14)$$

em que  $A_{UE,regular}$  representa a área útil regular dos exutores e  $A_{UI}$  a área útil da instalação ambas em m<sup>2</sup> e  $n_{regular}$  o número regular de exutores.

A escolha da área útil do exutor  $A_{UE}$  deverá ser tal que garanta que  $A_{UE} \approx A_{UE,regular}$ , já que assim se garante que o número de exutores instalados  $n$  será aproximadamente igual ao número regular de exutores  $n_{regular}$ . A área útil dos exutores  $A_{UE}$  de acordo com o projecto de RG – SCIE poderá ser considerada igual à sua área geométrica caso este abra pelo menos um ângulo de 110°. No entanto sempre que catálogos de fornecedores, apresentem o factor aerodinâmico para o exutores, este deverá ser considerado no cálculo e a área útil do exutor virá:

$$A_{UE} = \lambda_E \cdot A_{GE} \quad (3.15)$$

com  $\lambda_E$  igual ao factor aerodinâmico e  $A_{GE}$  a área geométrica do exutor, dada pelo produto das suas dimensões comprimento e largura e considerando a instalação ao nível de referência.

Caso esta seja feita ao um nível diferente o factor de montagem  $\mu$  terá de ser considerado e tal como anteriormente referido a expressão será:

$$A_{UE} = \lambda_E \cdot \mu_E \cdot A_{GE} \quad (3.16)$$

A área útil efectiva instalada ( $A_{Uinstalada}$ ) será igual ao produto do número de exutores instalados  $n_E$  pela área útil do exutor, em que  $A_{Uinstalada} \geq A_{UI}$  terá de se verificar em qualquer situação:

$$A_{Uinstalada} = n_E \cdot A_{UE} \quad (3.17)$$

Para o dimensionamento de vãos de fachada, e já conhecida a área útil da instalação ( $A_{UI}$ ), bastará que o somatório das áreas úteis das aberturas de fachada totalize a área útil da instalação ( $A_{UIIns}$ ), genericamente:

$$A_{UV} = \lambda_v \cdot \mu_v \cdot A_{GV} \quad (3.18)$$

em que  $A_{UV}$  traduz a área útil da abertura do vão de fachada em  $m^2$ ,  $\lambda_v$  o factor aerodinâmico da abertura (adimensional),  $\mu_v$  o factor de montagem (adimensional) e  $A_{GV}$  a área geométrica da abertura  $m^2$ .

A área útil instalada será o produto da área de cada abertura pelo número de aberturas  $n_v$  colocadas:

$$A_{Uinstalada} = n_v \cdot A_{UV} \quad (3.19)$$

Para que o dimensionamento esteja correcto deverá em qualquer situação ser verificada a condição:

$$A_{Uinstalada} \geq A_{UI} \quad (3.20)$$

### 3.7.2. EDIFÍCIOS RECEBENDO PÚBLICO

O dimensionamento das aberturas para saída de fumo em edifícios recebendo público é feito de forma análoga aquele que foi descrito para os edifícios industriais. A taxa de desenfumagem ( $\alpha$ ) é obtida de forma idêntica tendo em consideração a altura de referência do local  $h_R$ , e altura livre de fumo  $h_L$  a garantir no mesmo, mas com base no **Quadro 3.6** e conhecida a classe de risco do local obtida de acordo com o **Quadro 3.5**.

A diferença é que nestes espaços que recebem público e cuja área é inferior a  $1000 m^2$  a área útil das aberturas de fumo é obtida por:

$$A_{UI} = \min \left\{ \frac{A_{local}}{200}; 0.01 \cdot \alpha \cdot A_{cantão} \right\} \quad (3.21)$$

em que  $A_{UI}$  traduz a área útil da instalação,  $A_{local}$  a área do local a desenfumar e  $A_{cantão}$  a área do cantão todas em  $m^2$ .

Para locais de área superior a  $1000 m^2$  mantém-se a expressão (3.12) que foi apresentada para edifícios industriais, variando apenas a tabela através da qual se obtém a taxa de desenfumagem. Ou seja:

$$A_{UI} = 0,01 \cdot \alpha \cdot A_{cantão} \quad (3.12)$$

em que  $A_{UI}$  traduz a área útil da instalação em  $m^2$ ,  $\alpha$  a taxa de desenfumagem obtida pelo **Quadro 3.6** e  $A_{cantão}$  a área do cantão em  $m^2$ .

O dimensionamento de vãos de fachada segue os mesmos passos que foram enunciados para edifícios industriais, evitando-se por isso a sua repetição.

## 3.8. MONTAGEM E COMANDO DE EXUTORES DE FUMO E VÃOS DE FACHADA

### 3.8.1. MONTAGEM DE EXUTORES E VÃOS DE FACHADA

A montagem dos exutores está muitas vezes condicionada pelo local, devendo ser estudados todos os tipos de restrições existentes. Questões relativas à distribuição dos exutores pela cobertura do edifício, altura de montagem dos mesmos, orientação para aberturas das tampas, distância dos exutores em

relação a obstáculos vizinhos e cuidados de operação com o sistema de comando são aspectos a analisar.

A altura de montagem dos exutores, relativamente ao plano de referência, é considerada através do factor de montagem  $\mu$ , o qual como já foi referido anteriormente, é superior à unidade para montagens superiores ao nível de referência, e negativo para montagens inferiores ao nível de referência, devendo esta altura corresponder ao valor que foi usado no dimensionamento.

Quanto à distribuição dos exutores não convém usar aberturas demasiado pequenas, nem exageradamente grandes. Aberturas muito pequenas exigem a montagem de muitos equipamentos para perfazer a totalidade da área útil de instalação necessária para a saída de fumo, tornando a solução dispendiosa; e aberturas muito grandes porque geralmente se desaproveita parte da capacidade de extracção instalada, já que se geram zonas “mortas” de escoamento. É conveniente optar por uma solução intermédia que satisfaça simultaneamente as exigências de segurança e económicas. Optando por exutores de dimensões que não sejam excessivas consegue-se evitar as zonas “mortas” durante o escoamento, disponibilizando exutores mais próximos do local sinistrado, garantindo um escoamento do fumo mais eficaz. Além disso obtém-se uma solução esteticamente mais agradável.

A configuração arquitectónica não é desprezável, deverá ser tida em consideração aquando da distribuição dos exutores, procurando tanto quanto possível uma distribuição uniforme dentro do mesmo cantão, já que também facilita a manutenção e a exploração das instalações.

A inclinação da cobertura influencia o posicionamento dos exutores, havendo que distinguir duas situações, coberturas horizontais de coberturas inclinadas.

Considera-se cobertura horizontal, sempre que o declive é inferior a 10% e cobertura inclinada sempre que este for maior ou igual a 10%.

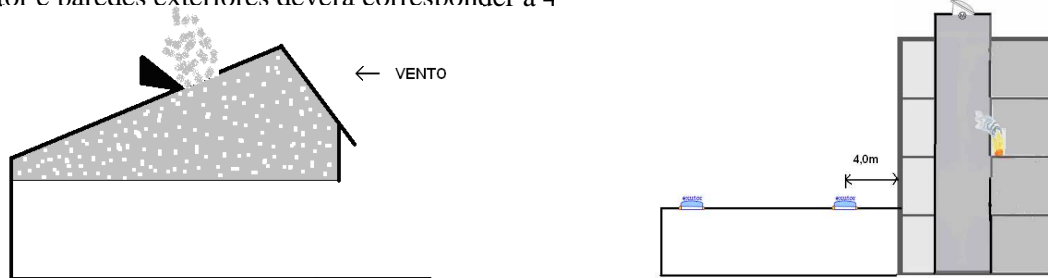
Na cobertura horizontal a distância medida em planta de um ponto do local a uma abertura de evacuação de fumo não deve ser superior a sete vezes o pé-direito de referência, com um máximo de 30 m. Em coberturas inclinadas as aberturas para evacuação devem ser localizadas integralmente acima do pé-direito de referência e o mais alto possível, para que se beneficie do seu melhor desempenho. O exutor não deverá ser montado abaixo do nível de referência, mas caso seja necessário, terá de se atender ao factor de montagem a fim de obter a sua verdadeira área útil efectiva no funcionamento.

Habitualmente a instalação dos exutores é feita na superfície mais inclinada da cobertura, por razões de ordem estética e para garantir uma de camada laminar de fumo no interior do edifício.

A escolha da melhor orientação de abertura das tampas dos exutores no acto de desenfumagem é também um aspecto importante. Deverá evitar-se problemas causados pela direcção e sentido do vento atmosférico dominante da respectiva região onde o edifício se insere. A correcta orientação da abertura, ou seja, a tampa do exutor oposta à incidência do vento dominante, permite precaver dificuldades na desenfumagem.

No entanto o efeito do vento, por vezes difícil de prever, constitui um grande inconveniente na técnica de desenfumagem passiva. A instalação deste tipo de equipamento para desenfumagem é comum em instalações industriais, mas também em grandes centros comerciais, acumulando muitas vezes a função de iluminação natural. Relativamente à distância de obstáculos situados na vizinhança, caso por exemplo exista um edifício alto ao lado, os exutores situados na cobertura inferior e próximos da torre vizinha devem estar afastados da parede elevada, para evitar que refluxos do vento incidente possam dificultar a aberturas das tampas dos exutores. Por outro lado evita-se que materiais pesados a arder, originários de um incêndio possam cair do edifício mais alto, resguardando a possibilidade de

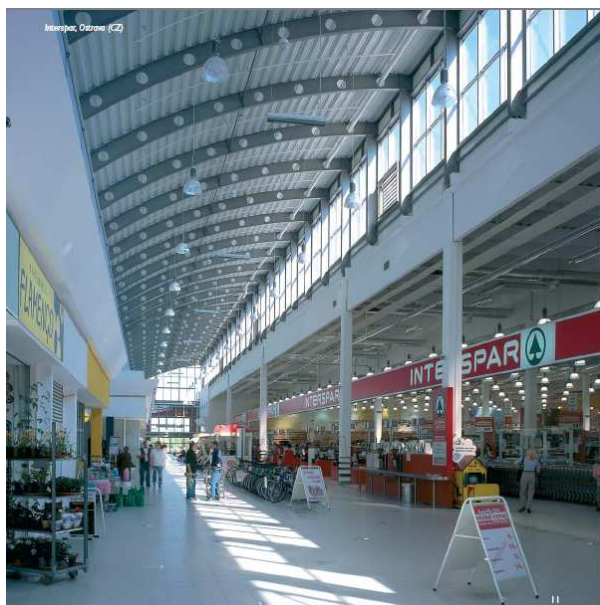
propagação do fogo ao local próximo num nível mais baixo. A distância mínima a respeitar entre o exutor e paredes exteriores deverá corresponder a 4



**Figura 3.24** – Localização do exutor em função da direcção predominante do vento atmosférico (à esquerda) e distância mínima do exutor à torre vizinha para evitar propagação de incêndio.

Alternativa ou complemento aos exutores na desenfumagem natural são os vãos de fachada. Estas aberturas são realizadas em paredes exteriores do edifício e que permitem a extracção de fumo ao nível da zona enfumada. No entanto podem servir para a entrada de ar, quando montadas na parte inferior, junto aos pavimentos. Caso os vãos de fachada sejam utilizados para a admissão de ar deverão situar-se em sítios amplamente arejados, não sendo favorável a montagem de vãos de fachada através dos quais se permite a saída de fumo e com possibilidade de afectar o ar fresco que é insuflado.

Na sua montagem, haverá que atender a factores de estética conjugados com a funcionalidade, considerando uma vez mais a acção do vento dominante na região e/ou obstáculos existentes na vizinhança. A **Figura 3.25** ilustra um espaço comercial dotado de desenfumagem natural, através de aberturas de fachada que acumulam as funções de iluminação do espaço (à esquerda), e um local dotado de exutores tipo persiana, para desenfumagem passiva (à direita).



**Figura 3.25** – Locais desenfumados passivamente [16].

### 3.8.2. COMANDO DE EXUTORES E VÃOS DE FACHADA

Em caso de ocorrência de um incêndio no interior de um edifício, dotado de equipamentos de desenfumagem, nomeadamente exutores e vãos de fachada, é necessário que estes respondam convenientemente para cumprirem as funções para as quais foram instalados. Para isso, é necessário que as aberturas destinadas à desenfumagem abram automaticamente num curto espaço de tempo através de actuadores (motores eléctricos) com que são equipadas. O fumo, os gases tóxicos e o calor ascenderão e serão conduzidos para o exterior através das referidas aberturas de desenfumagem, permitindo assim que os caminhos de escape e salvamento permaneçam transitáveis.

O momento para a abertura das saídas do fumo e as entradas de ar fresco, é de grande importância, para permitir a fuga das pessoas pelos seus próprios meios o mais célere possível, já que os dispositivos de desenfumagem permitem a diluição dos fumos, impedindo a sua concentração. Facilitam a sua condução para a atmosfera antes que os caminhos de fuga para as pessoas nos edifícios, tais como corredores e escadas, fiquem intransitáveis, o que reduz consideravelmente o perigo de intoxicação.

De acordo com o projecto de RG-SCIE as instalações de controlo de fumo devem ser dotados de sistemas de comando manual, e duplicados por comandos automáticos quando exigidos, de forma a garantir:

- A abertura apenas dos obturadores das bocas, de insuflação ou de extracção ou dos exutores do local ou via sinistrada;
- A paragem das instalações de ventilação ou tratamento de ar, a menos que essas instalações participem no controlo de fumo;
- O arranque dos ventiladores de controlo de fumo, quando existam.

É importante que nos sistemas de comando manual, os dispositivos de abertura sejam accionáveis por comandos devidamente sinalizados, e que se localizem próximo dos acessos aos locais. Devem ser duplicados no posto de segurança sempre que este exista.

Relativamente aos sistemas de comando automático devem compreender detectores de fumo quer autónomos, quer integrados em instalações de alarme centralizadas, montadas nos locais ou nas vias.

Aconselha-se que nos locais ou nas vias de evacuação para os quais são exigidas instalações de alarme compreendendo detectores automáticos de incêndio, as instalações de controlo de fumo sejam dotadas de comando automático. Neste tipo de instalação, dotada de comando automático deve ser assegurado que a entrada em funcionamento da instalação num local ou num cantão, bloqueie a possibilidade de activação automática da mesma instalação noutro local, devendo contudo permanecer a possibilidade de controlo de fumo noutros locais, por comando manual.

A restituição dos obturadores ou dos exutores à sua posição inicial deve ser efectuada, em qualquer caso, por dispositivos de accionamento manual.

Sempre que os locais sejam equipados com sistemas de extinção automática por água deve ser assegurado que as instalações de desenfumagem entrem primeiro em funcionamento.

Assim os exutores e vãos de fachada com a finalidade manobrar as suas tampas, são dotados para além da acção automática dos fusíveis térmicos, de sistemas de comando manual, prevendo situações em que o fusível não opere em situação de sinistro, recurso de emergência ou ensaios de manutenção.

O fusível térmico, consiste numa peça soldada que mantém a tampa do exutor na sua posição inicial, isto é, fechada e que quando atinge temperaturas na ordem dos 70 °C funde. Ao fundir as duas alavancas que asseguram o fecho da tampa do exutor afastam-se e permitem a sua abertura.

Os sistemas de comando manual agem à distância e são activados no seu funcionamento pressionando o botão para tal, o qual deve ser montado próximo dos acessos dos locais e duplicado em paralelo nos centros de segurança, quando existam. Estes sistemas manuais só actuam através de ordem dos responsáveis de segurança do local, através de manobra no comando próprio.

Consoante o seu princípio de funcionamento estes sistemas de comando manual podem ser classificados da seguinte forma: sistemas de comando mecânico, comando electromagnético, comando eléctrico, comando electrónico, comando pneumático e comando hidráulico.

#### 3.8.2.1. Sistema de comando mecânico

Este tipo de sistema de comando é constituído por uma alavanca de tirantes articulados que permite desencravar um gancho de retenção, permitindo desta forma a abertura da tampa sob o esforço de uma mola tensa. De forma a garantir um bom desempenho da alavanca não se deve exceder a distância de 30,0 m, limitando-se o número de cotovelos a cinco, e alinhando os tirantes o mais possível e usando fixações rígidas distanciadas de 1,0 m no máximo e articulações lubrificadas.

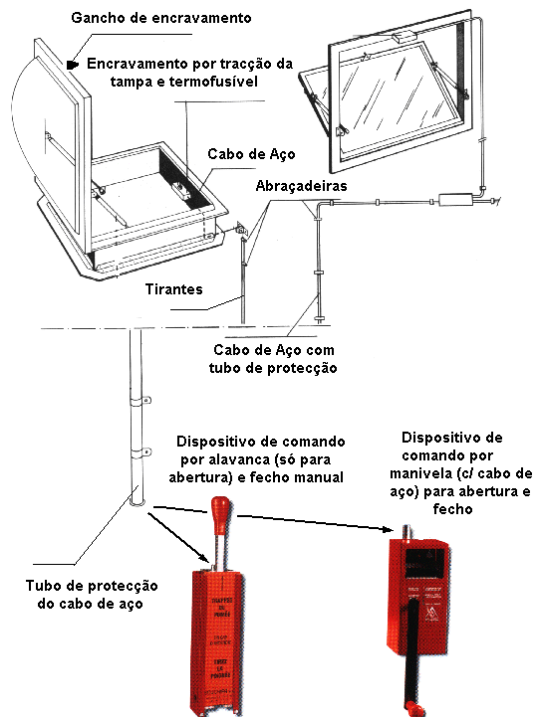
Outra forma mecânica de realizar a abertura manual da tampa consiste no uso de um cabo de aço e uma manivela de enrolamento em vez de alavanca. Nas duas soluções anteriores a reposição da tampa na sua posição terá de ser também ela manual.

Neste tipo de solução há que referir as seguintes vantagens:

- Facilidade de instalação do sistema;
- São sistemas que requerem pouca manutenção;
- Não precisam de outra energia que não seja a fornecida pelo utilizador;
- Apresentam componentes simples;
- São sistemas em geral económicos.

Como desvantagens deste sistema refere-se:

- O percurso limitado do cabo;
- Desvios de direcção limitados;
- As suas funcionalidades estritamente mecanicistas, que contribuem para um sistema pouco apetecível.



**Figura 3.26** – Sistema de comando manual através de comando mecânico por alavanca e por manivela [10].

### 3.8.2.2. Sistema de comando electromagnético

Neste tipo de sistema de comando a tampa mantém-se fechada por um electromagneto, por via de uma mola em tensão. A manobra de abertura é automática e é feita pelo fusível térmico ou manualmente por acção num botão de premir, que interrompe a corrente eléctrica de alimentação do electromagneto. Designa-se por sistema de segurança positivo, já que actua com base na falta de corrente eléctrica. Contrariamente a este tipo de circuito existe o sistema de segurança negativo em que a activação da abertura é feita com base no envio de corrente eléctrica, quando se age sobre o botão de premir evitando assim o permanente consumo de energia do electromagneto. Ao surgir esta corrente de actuação dá-se o desencravar do gancho de retenção. O rearme das aberturas é feita manualmente.

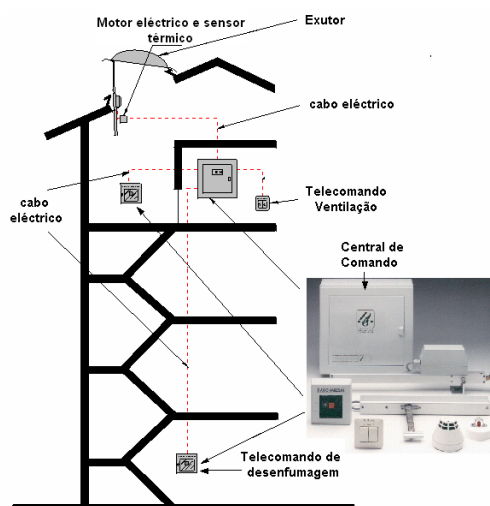


**Figura 3.27** - Botão de premir para activação do sistema de comando [10].

### 3.8.2.3. Sistema de comando eléctrico

Nos sistemas de comando eléctrico a abertura e fecho da tampa é feita por telecomando, consoante o sentido de rotação de um motor eléctrico, imposto pelo sentido da corrente eléctrica nos seus rolamentos. A manobra é geralmente mais lenta do que nos sistemas mecânicos e electromagnéticos. Destacam-se algumas das vantagens mais importantes destes sistemas de comando:

- A fácil recondução da tampa à sua posição de fecho após desenfumagem;
- São instalações modulares com comando por grupos de exutores de um cântão, ou por comando único para o conjunto de exutores da instalação;
- Apresentam fácil instalação e o comprimento e a complexidade do encaminhamento dos cabos não constitui problema, sendo a escolha destes feita em função dos locais atravessar e das obrigações a que estão sujeitos, cabos resistentes ao fogo e cabos não resistentes ao fogo;
- A manutenção é pouco exigente, necessitando apenas as baterias de um controlo periódico, para eventual substituição;
- Aparte a função de desenfumagem, podem realizar a função de ventilação uma vez há a possibilidade de abertura linear dos exutores até ao nível desejado evitando correntes de ar exageradas, que seriam criadas pela abertura total;
- Possibilitam a abertura e fecho dos exutores as vezes que se quiser, a partir dos botões de premir;
- Possibilitam a sinalização permanente do estado de funcionamento do sistema, com alarme luminoso/acústico de qualquer tipo de avaria;
- Apresentam sinalização de estado de abertura ou fecho dos exutores e detecção e sinalização de quando há falta de energia no sector ou da bateria de emergência;
- Existe a possibilidade de sofisticação do sistema, através de detectores de fumo, detectores térmicos, detectores de vento, sinais recebidos das centrais de alarme de incêndio, e eventualmente não permitir a abertura de janelas de fachada sempre viradas para o lado onde vem o vento forte, a fim de impedir a entrada dos fumos já arrefecidos.



**Figura 3.28** - Sistema de comando manual eléctrico para abertura e fecho de exutor (linear no caso de ventilação), numa caixa de escadas [10].



#### 3.8.2.4. Sistema de comando electrónico

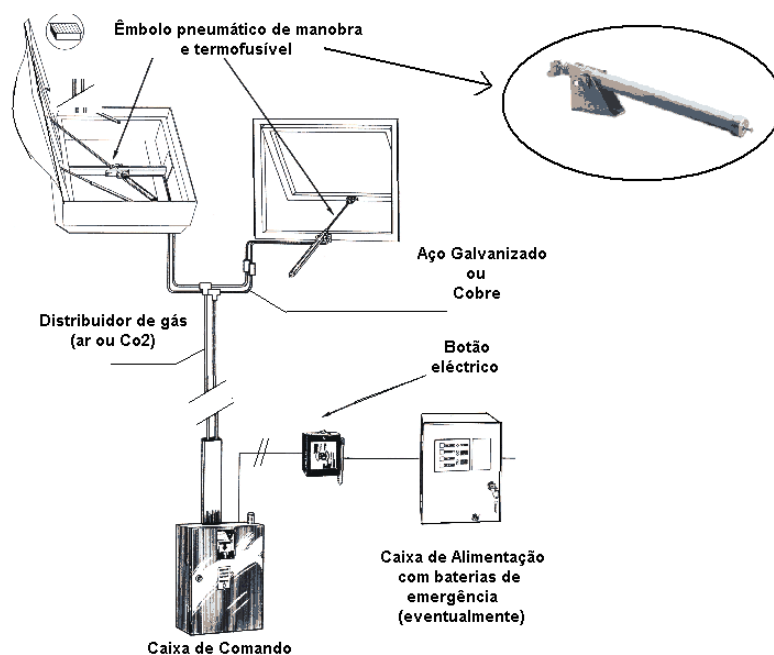
São sistemas de controlo electrónico dotados de microprocessadores ou chipes que permitem a actuação de motores para a abertura das tampas. A generalização dos sistemas digitais, tem contribuído para o seu uso neste tipo de funções, já que fornecem desempenhos muito satisfatórios que podem ser obtidos a baixos custos.

#### 3.8.2.5. Sistema de comando pneumático

O sistema de comando pneumático é constituído por um êmbolo pneumático, vulgarmente conhecido por macaco, que actua por acção num botão eléctrico, que permite a distribuição através de uma conduta, de ar comprimido ou dióxido de carbono armazenado em botijas, que originam a manobra de abertura da tampa.

No entanto neste tipo de comando, frequentemente usado, há que prever o reenchimento automático dos respectivos depósitos de ar comprimido ou não esquecer a substituição das garrafas de dióxido de carbono no seu armário.

O sistema pneumático também pode servir para fechar a tampa após desenfumagem.



**Figura 3.29** – Sistema de comando pneumático através de ar comprimido ou botijas de dióxido de carbono [10].

#### 3.8.2.6. Sistema de comando hidráulico

São sistemas de comando cuja abertura das tampas para desenfumagem se baseia em fluidos líquidos, geralmente óleo. São sistemas usados habitualmente em indústrias, onde frequentemente existem sistemas de controlo hidráulico, aproveitando-se assim este tipo de controlo também para a desenfumagem.

#### 3.8.2.7. Análise final dos sistemas de comando

À excepção do sistema puramente mecânico, todos os outros enunciados podem ser inseridos num sistema de comando automático, a partir de detectores de fumo, integrados ou não num sistema de detecção e alarme de incêndios. Integração esta que se revela menos económica, mas apresenta maior fiabilidade e eficácia, pelo que a sua aplicação se justifica em instalações de grande complexidade e para a qual se exija maior nível de segurança.

O controlo eléctrico (por exemplo) permite fazer um controlo automático com relativa facilidade, a partir do uso de detectores de fumo. Detectores que devem existir, pelo menos, um por cada 400 m<sup>2</sup> de área a proteger.

A tendência será para o predomínio de sistemas automáticos, mas recomenda-se sempre a possibilidade de manobra manual, por questões de operacionalidade e até manutenção dos equipamentos.

Após a desenfumagem concluída, a restituição da tampa dos exutores ou vãos de fachada à sua posição inicial é feita por meio de dispositivos de actuação manual.

Uma vez actuado o fusível térmico este fica inutilizado, havendo necessidade de ser substituído por uma nova liga fusível no dispositivo de disparo, a fim de o sistema ficar apto para nova intervenção.

### 3.9. CONCLUSÕES

O controlo passivo de fumo é geralmente adoptado em locais amplos de grande pé-direito, tais como pavilhões industriais, comerciais e pátios interiores cobertos que se elevam até à cobertura, já que estes espaços habitualmente se caracterizam por terem uma envolvente bastante permeável ao ar e por estarem directamente em contacto com a cobertura do edifício. Permitem assim realizar a desenfumagem por aberturas praticadas nas coberturas através de comando a distância.

É possível recorrer ao controlo passivo em locais de dimensão média por exemplo em salas de reuniões, salas de leitura de bibliotecas e cozinhas. Nestes espaços, dada a sua menor dimensão revela-se importante posicionar as aberturas de admissão de ar na zona fria, e as aberturas de saída de fumo na zona quente (zona enfumada), já qualquer ineficácia deste posicionamento pode conduzir rapidamente à destruição da estratificação da camada de fumo.

A concepção de soluções tecnicamente eficazes e economicamente aceitáveis é portanto o ponto de partida para alcançar a meta do controlo de fumo em edifícios, que no caso do uso de sistemas passivos implica o aproveitamento as condições reais dos locais.

Será na relação custo/benefício que os sistemas passivos podem ser atractivos, justificando na maioria dos casos a sua adopção, desde que não comprometam a funcionalidade para a qual estão a ser dimensionados.

## VARRIMENTO ACTIVO

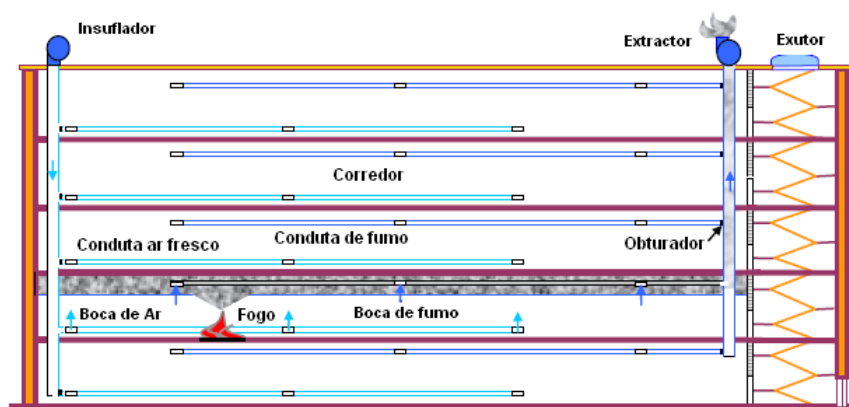
### 4.1. INTRODUÇÃO AO MÉTODO

Nos sistemas de controlo activo de fumo, o movimento deste é forçado mecanicamente, através do uso de insufladores de ar e condutas de insuflação em conjunto com condutas de extracção e um extractor de fumo na extremidade da saída de fumo.

O varrimento forçado resulta da acção de insufladores de ar fresco, praticada na parte inferior do local e pela extracção na parte superior, onde se concentra a camada de fumo.

No sistema puramente activo (forçado/forçado) realiza-se a entrada de ar fresco por via de um equipamento (insuflador) e a saída de fumo através de extractor, conjuntamente com condutas e bocas convenientemente distribuídas.

O uso de sistemas mistos do tipo *natural/forçado* (entrada de ar fresco natural e extracção forçada de fumo) e *forçado /natural* (insuflação de ar forçada e saída de fumo natural), ambos referidos aquando da descrição do sistema passivo de controlo de fumo, são possíveis como soluções a prever nos edifícios.



**Figura 4.1** – Incêndio num edifício de grande altura dotado de sistema de controlo activo de fumo do tipo forçado/forçado [1].

### 4.2. CONTROLO ACTIVO DE FUMO COM PRESSURIZAÇÃO

Na técnica activa existe ainda a pressurização a qual visa criar uma hierarquia de pressões, através de equipamentos que permitem controlar o fumo. É realizada por uma adequada introdução de ar fresco nos espaços a proteger do fumo proveniente da área incendiada, evitando a propagação nestes. É uma técnica usualmente adoptada para evitar a invasão de fumo em caixa de escadas de edifícios altos.

É possível que a técnica activa combine os dois efeitos, o do varrimento forçado e de pressurização. Solução eficaz mas dispendiosa, que poderá ser usada em edifícios de maior risco, situação de edificações de grande altura e bastante populosas.

### **4.3. ABORDAGEM AO PROJECTO DE RG – SCIE**

#### **4.3.1. ENTRADAS DE AR**

De acordo com o projecto de RG – SCIE a admissão de ar nas instalações de controlo activo poderá ser realizada por meios naturais ou mecânicos, em que no primeiro caso as disposições construtivas são iguais às enunciadas para as instalações de controlo passivo de fumo. Se a admissão de ar for feita por meios mecânicos deverá realizar-se por bocas de insuflação cuja parte mais elevada se situe, no máximo, a 1,0 m do pavimento.

A extracção de fumo pode ser realizada por ventiladores ou por bocas cuja parte inferior se situe, pelo menos, a uma altura de 1,80 m do pavimento, ligadas a ventiladores através de condutas.

O caudal de fuga nas condutas de insuflação de ar forçado e extracção de fumo deverá ser inferior a 20% do caudal exigido no piso mais desfavorável. Aos ventiladores de extracção de fumo é exigido que se mantenham sem alterações de funcionamento, à passagem do fumo a uma temperatura de 400°C, durante uma hora em edifícios com altura não superior a 28 m e duas horas em edifícios com altura superior a 28 m ou em pisos enterrados. Os dispositivos de ligação dos ventiladores às condutas devem ser constituídos por materiais da classe A1.

#### **4.3.2. DIMENSIONAMENTO**

A velocidade do ar nas bocas de insuflação deve ser inferior a 5,0 m/s e o seu caudal deve corresponder aproximadamente a 60% do caudal das bocas de extracção, à temperatura de 20 °C.

#### **4.3.3. COMANDO DAS INSTALAÇÕES**

Os sistemas de comando das instalações de desenfumagem activa devem assegurar que os ventiladores de extracção de fumo só entrem em funcionamento após aberturas dos obturados das bocas de admissão e extracção dos respectivos espaços, no entanto o accionamento dos ventiladores deve ser garantido mesmo que a abertura dos obturadores não chegue ao fim de curso.

Sempre que sistemas de ventilação ou tratamento de ar do edifício contribuam para o controlo de fumo, devem ser accionados.

A alimentação dos ventiladores no controlo de fumo deve ser feita a partir de colunas ou do quadro geral da utilização tipo e apoiada por fontes de energia de emergência.

#### **4.3.4. CONTROLO DE FUMO NOS PÁTIOS INTERIORES OU VIAS CIRCUNDANTES**

São permitidas instalações de desenfumagem activa, desde que produzam resultados equivalentes aos das instalações de desenfumagem passiva.

#### **4.3.5. CONTROLO DE FUMO NOS LOCAIS SINISTRADOS**

O controlo de fumo nos locais sinistrados pode ser feito por desenfumagem passiva ou activa.

Nas instalações de desenfumagem activa as bocas de extracção devem ser distribuídas à razão de uma por cada 320 m<sup>2</sup> de área do local e proporcionar um caudal de 1 m<sup>3</sup>/s por cada 100 m<sup>2</sup> de área do local, com um mínimo de 1,5 m<sup>3</sup>/s.

Sistemas de desenfumagem activa comuns a vários locais devem ser dimensionados para a soma dos caudais exigidos, para os dois locais de maiores dimensões.

Em pisos de parques de estacionamento cobertos fechados, a extracção de fumo em caso de incêndio deve ser activada com um caudal de 600 m<sup>3</sup>/h por veículo, no compartimento corta-fogo sinistrado, a insuflação deve ser parada nos compartimentos corta-fogo adjacentes que comuniquem com o sinistrado, com caudais iguais a 60% da extracção do piso sinistrado.

É aceitável que sistemas de ventilação para controlo de poluição do ar participem no controlo de fumo, desde que disponham das características exigidas para tal.

#### 4.3.6. CONTROLO DE FUMO NAS VIAS HORIZONTAIS DE EVACUAÇÃO

Nas instalações de desenfumagem activa, as bocas para admissão de ar e extracção de fumo devem distar no máximo, segundo o eixo da circulação, entre duas aberturas consecutivas de admissão e extracção, 15,0 m nos percursos em linha recta e de 10,0 m nos restantes percursos.

Qualquer saída de um local de risco não situada entre uma boca de insuflação e outra de extracção dever distar no máximo, 5,0 m de uma dessas bocas.

Se a admissão de ar for natural, as zonas compreendidas entre uma abertura para admissão de ar e uma boca de extracção de fumo, devem ser varridas por um caudal de extracção no mínimo de 0,50 m<sup>3</sup>/s por unidade de passagem de circulação e com velocidade máxima do ar de 5,0 m/s.

Se a insuflação é mecânica, a velocidade de admissão deve situar-se entre 2 a 5 m/s, e o caudal de extracção deve ser 1,3 vezes o de admissão.

#### 4.3.7. CONTROLO DE FUMO NAS VIAS VERTICAIS DE EVACUAÇÃO

O controlo de fumo nas vias verticais de evacuação (escadas) apenas pode ser feito por desenfumagem passiva ou por sobrepressão relativamente aos espaços adjacentes, não sendo admissível a extracção forçada de fumo em vias verticais de evacuação.

### 4.4. CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS

Tal como foi enunciado para o controlo passivo de fumo, no controlo de fumo activo a desenfumagem dos locais está relacionada com as dimensões do espaço a desenfumar, bem como as actividades exercidas nesse mesmo local. Assim a classificação dos locais referida anteriormente é válida para o dimensionamento de sistemas activos para desenfumagem.

Sempre que as dimensões dos locais a desenfumar apresentem uma área superior a 1600 m<sup>2</sup> ou uma das suas dimensões lineares (comprimento ou largura) exceda os 60 m, estes deverão ser divididos em cantões de desenfumagem, preferencialmente iguais, cujas dimensões não ultrapassem aqueles valores.

### 4.5. EQUIPAMENTOS DE CONTROLO ACTIVO DE FUMO

No controlo activo de fumo os equipamentos frequentemente usados são:

- *Insufladores de ar*: São ventiladores electromecânicos, do tipo centrífugo, de potência variável que permite o fornecimento de ar. Apresentam perdas de carga devido às fugas de ar que ocorrem através da porosidade dos materiais usados em condutas e obturadores, face a diferença de pressão entre o interior e o exterior. Se a insuflação de ar for feita directamente para o local a proteger, isto é, dispensando o uso de condutas usam-se ventiladores tipo helicoidal;



**Figura 4.2** – Insuflador de ar fresco [16].

- *Extractores de fumo*: São ventiladores electromecânicos especiais, que permitam a expulsão do fumo e gases quentes a elevadas temperaturas. Os extractores do tipo centrífugo permitem vencer grandes percursos em condutas, sendo por isso usados em edifícios de grande altura. Neste tipo de equipamento há que atender também as perdas de carga nas condutas;



**Figura 4.3** – Extractor electromecânico de fumo e gases quentes [16].

- *Obturadores*: São dispositivos normalmente fechados numa conduta e que abrem por acção automática para deixar escoar um fluído, ar ou fumo;



**Figura 4.4** – Obturador de conduta [16].

- *Condutas*: São dispositivos destinados a conduzir o ar fresco para o compartimento sinistrado, ou para permitir a condução do fumo do compartimento sinistrado para o exterior do edifício.



**Figura 4.5** – Conduta de extracção de fumo [16].

## 4.6. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE CONTROLO ACTIVO

### 4.6.1. ENTRADAS DE AR FRESCO

Tal como para os sistemas de controlo de fumo passivo, nestes também se introduz ar fresco a partir do exterior através de aberturas praticadas junto aos pavimentos.

Na técnica activa a entrada forçada de ar fresco é feita através de bocas de insuflação distribuídas ao longo de condutas horizontais, situadas na parte inferior, no máximo até 1,0 m do pavimento, e alimentadas por um insuflador na extremidade da respectiva conduta de ar.

A insuflação activa de ar esta relacionada com a extracção de fumo, de forma a garantir um escoamento tão laminar quanto possível, devendo o caudal de insuflação corresponder a aproximadamente 60% do caudal de extracção de fumo e com uma velocidade máxima de insuflação 5,0 m/s.

As condutas de insuflação de ar e os respectivos insufladores definem-se a partir das características da estrutura que executa a extracção para o exterior do edifício em caso de incêndio.

### 4.6.2. SAÍDAS DE FUMO

A extracção forçada de fumo é realizada por meio de um extractor e por condutas com bocas de extracção providas de obturadores de controlo de fumo para o exterior, localizadas a uma altura mínima de 1,80 m do pavimento.

A grande vantagem deste tipo de sistema de extracção relativamente à técnica passiva, é que, é independente da orientação e da velocidade do vento atmosférico que se faça sentir no exterior.

### 4.6.3. CAUDAIS DE AR E FUMO

De acordo com 4.3.5, o caudal mínimo de extracção em  $m^3/s$  é obtido por:

$$Q_{Extracção} = \max\left(0,01 \times A_{local}; 1,5\right) \quad (4.1)$$

e o caudal de ar a insuflar para o interior do compartimento sinistrado, em caso de incêndio, em  $m^3/s$  é obtido por:

$$Q_{Insuflado} = 0,60 \times Q_{Extracção} \quad (4.2)$$

### 4.6.4. BOCAS DE CONDUTAS

As condutas instaladas nos locais destinam-se a conduzir um fluído: ar no caso de condutas de insuflação e fumo no caso de condutas de extracção. O caudal em cada um dos casos, resulta do rácio do volume de fluído que passa na boca por unidade de tempo, ou seja:

$$Q \text{ (} m^3 / s \text{)} = \frac{V(m^3)}{t(s)} \quad (4.3)$$

O volume de fluído pode ser expresso pelo produto da área útil da boca ( $A_{ub}$ ) pela respectiva extensão da conduta ( $l$ ) preenchida com fluído que passa pela boca durante o período de tempo considerado. Uma vez que o espaço percorrido pelo fumo é igual ao produto da sua velocidade ( $v_F$ ) pelo intervalo de tempo ( $t$ ), por unidade tempo o caudal poderá exprimir-se:

$$Q = A_{ub} \cdot v_F \quad (4.4)$$

em que  $Q$  representa o caudal de extracção de fumo numa boca em  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $A_{ub}$  a área útil da boca em  $\text{m}^2$  e  $v_F$  a velocidade de passagem do fumo na conduta  $\text{m/s}$ .

A área útil da boca de extracção de fumo ( $A_{ub}$ ), poderá ser assim obtida pela razão do caudal de extracção pela velocidade de passagem do fumo, uma vez conhecido o caudal de extracção ( $Q$ ) e arbitrada a velocidade de propagação do fumo ( $v_F$ ) até um valor limite de  $5,0 \text{ m/s}$  de forma a manter a estratificação da camada de fumo:

$$A_{ub}(\text{m}^2) = \frac{Q(\text{m}^3/\text{s})}{v_F(\text{m}/\text{s})} \quad (4.5)$$

Como o caudal mínimo exigido para extracção de fumo é de  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , o caudal de insuflação corresponderá a 60% desse valor, ou seja  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ , e para uma velocidade máxima de insuflação é  $5,0 \text{ m/s}$  vem que:

$$A_{ub, \min} = \frac{Q_{\text{insuflado}}}{V_{\text{insuflação}}} = \frac{0,9}{5,0} \approx 0,20 \text{ m}^2$$

Isto é, a área que se estipula como mínima para bocas de insuflação de ar e também para as bocas de controlo de fumo é de  $0,20 \text{ m}^2$ .

#### 4.6.5. CONDUTAS DE AR E FUMO

Conhecida a área das bocas de extracção para determinado local, o número de bocas  $n_b$  que servem cada conduta obedece a seguinte relação:

$$A_c = n_b \cdot A_{Gb} \quad (4.6)$$

em que  $A_c$  representa a secção da conduta em  $\text{m}^2$ ,  $n_b$  o número de bocas que serve cada conduta e  $A_{Gb}$  a área geométrica das bocas em  $\text{m}^2$ .

A secção mínima das condutas é igual à soma das áreas geométricas das bocas que servem essas condutas em cada piso.

Nas condutas de extracção de fumo e nas condutas de insuflação de ar verifica-se que devido à diferença de pressão entre a face interna e externa, que não se mantém constante, diminuindo ao longo da conduta, provoca um caudal de fuga. Este caudal é gerado por dois efeitos: fuga de ar nas fissuras e uniões mal executadas e pela à porosidade do material que constitui a conduta.

O caudal de fuga a ter em consideração no dimensionamento das condutas pode ser obtido pela fórmula empírica obtida por Cluzel, 1982:

$$Q = 0,827 \times A \times \Delta p^\gamma \quad (4.7)$$

em que  $Q$  representa o caudal de fuga numa conduta de extracção de fumo ou insuflação de ar em  $\text{m}^3/\text{s}$ ,  $A$  a área de fuga  $\text{m}^2$ ,  $\Delta p$  a diferença de pressão entre a face interna e a face externa em Pa e  $\gamma$  o coeficiente: 0,5 nos orifícios; 0,67 nas fissuras e 1 em materiais pouco porosos.

Por sua vez, a perda de carga devido à redução da pressão na conduta pode ser obtida pela fórmula reduzida de Colebrook simplificada:



$$\Delta p = \sigma \cdot \frac{lc}{D_H} \cdot pd \quad (4.8)$$

em que  $\Delta p$  representa a diferença de pressão em Pa,  $\sigma$  o factor de carga repartido (depende da velocidade do fluído ar ou fumo e da rugosidade do material),  $lc$  o comprimento da conduta em m,  $D_H$  o diâmetro hidráulico em m e  $pd$  a pressão dinâmica em Pa.

Sendo o diâmetro hidráulico dado pela seguinte expressão com  $A_C$  igual à área da conduta em m<sup>2</sup> e  $P_C$  o seu perímetro em metros:

$$D_H = \frac{4 \cdot A_C}{P_C} \quad (4.9)$$

A pressão dinâmica pode ser obtida pela expressão (4.10) em que  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) representa a densidade do fluído e  $v$  (m/s) a sua velocidade média.

$$pd = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (4.10)$$

A rugosidade do material usado nas condutas influencia o cálculo da perda de carga, devendo por isso preferir-se condutas metálicas devidamente soldadas em detrimento das condutas de betão.

No entanto existem formas expeditas de obter a perda de carga ( $\Delta p$ ) em determinada conduta, através do produto da perda de carga linear ( $\Delta pl$ ) obtida por ábacos pelo comprimento ( $lc$ ) da conduta.

Estes ábacos apresentam curvas para diversos tipos de materiais, em que em ordenadas aparece a perda de carga linear (Pa/m) e em abcissas o caudal (m<sup>3</sup>/s), obtendo-se a perda de carga linear através destes, bastando para obter a perda de carga na conduta realizar o respectivo produto:

$$\Delta p = \Delta pl \times lc \quad (4.11)$$

O caudal de fumo a extrair pelos extractores e o caudal de ar a insuflar pelos insufladores no cantão a controlar, deverá corresponder à soma destes acrescido da respectiva perda na conduta relativa à posição em que se encontra o equipamento e o local a desenfumar, ou seja:

$$Q_{total(extracção)} = Q_{extracção} + Q_{fuga,extrair} \quad (4.12)$$

$$Q_{total(insuflar)} = Q_{insuflação} + Q_{fuga,insuflar} \quad (4.13)$$

O caudal total de fuga nas condutas de insuflação de ar forçado e extracção de fumo deve ser inferior a 20% do caudal a exigir no piso mais desfavorável.

#### 4.6.6. INSUFLADORES DE AR E EXTRACTORES DE FUMO

O dimensionamento de equipamentos de admissão de ar e extracção de fumo é feito com base na potência do motor dos mesmos, com base na sua curva característica, que relaciona a pressão do equipamento electromecânico de extracção ou de insuflação com o caudal debitado.

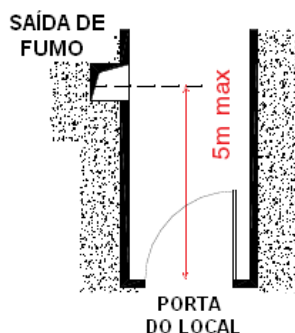
#### 4.7. CONTROLO DE FUMO EM VIAS HORIZONTAIS DE EVACUAÇÃO

É possível recorrer à desenfumagem activa para controlo de fumo em vias horizontais de evacuação (corredores), a qual se realiza por varrimento forçado em condutas de acordo com as regras a seguir enumeradas:

- As bocas para insuflação de ar e para extracção de fumo devem ser distribuídas alternadamente com a distância máxima, medida segundo o eixo de circulação, entre duas aberturas consecutivas de admissão ou extracção, igual a 15 m nos percursos em linha recta e de 10 m nos restantes. Além disso, qualquer saída de um local de risco não situada entre uma boca de insuflação e outra de extracção deve distar no máximo, 5 m de uma dessas bocas:



Distância de aberturas de admissão e extracção por controlo activo, em linha recta e em mudanças de direcção em vias horizontais de evacuação [12].



Distância de uma saída de um local de risco [12].

- Bocas de extracção em condutas (horizontais ou verticais) situadas pelo menos de 1,80m do pavimento;
- Bocas de insuflação em condutas (horizontais ou verticais) situadas no máximo de 1,0m do pavimento.

Caso a admissão de ar seja natural deverá ser cumprido os seguintes requisitos:

- As zonas de circulação entre uma abertura para admissão de ar e uma boca de extracção de fumo devem ser varridas por uma caudal de extracção não inferior a 0,5 m<sup>3</sup>/s por unidade de passagem:

$$Q_{\text{Extracção}} \geq \frac{UP}{2} = 0,50 \times UP \quad (4.14)$$

Os corredores caracterizam-se a partir do seu número de unidades de passagem UP, imposto pela largura do corredor. Consoante a previsão do número de pessoas que venham a circular em média por minuto obtém-se:

- UP = 1 se largura do corredor for menor que 0,90 m;
- UP = 2 se a largura do corredor for igual ou maior a 0,90 m mas inferior a 1,40 m;
- UP = número inteiro igual ou imediatamente superior ao múltiplo de 0,60 m contido na largura do corredor se a largura do corredor for maior ou igual a 1,40 m.
- A secção dos vãos de parede para admissão deve assegurar uma velocidade máxima do ar de 5,0 m/s.

No caso de insuflação mecânica devem ser cumpridos os seguintes requisitos:

- Velocidade de admissão compreendida entre 2 a 5 m/s;
- Caudal de extracção 1,3 vezes o de admissão:  $Q_{Extracção} \geq 1,3 \times Q_{Admissão}$

Caso a admissão de ar seja feita através de vãos de parede a respectiva área livre deve situar-se na metade inferior ao pé-direito de referência. O funcionamento do sistema não deve causar uma diferença de pressão entre a via horizontal e os caminhos verticais protegidos superior a 80 Pa, com todas as portas fechadas.

#### 4.8. CONCLUSÕES

É um sistema aplicado em edifícios de grande e muito grande altura, já que para estes a técnica de controlo passivo de fumo, que se baseia na tiragem térmica, se revela pouco eficiente. São sistemas que exigem tecnologia mais cara que os sistemas passivos.

Em edifícios de maior dimensão e responsabilidade como é o caso dos edifícios de grande altura, bastante populosos ou destinados a receber público, em que o problema do controlo de fumo é bastante importante, os sistemas de controlo activo de fumo revelam-se mais eficazes, com melhor desempenho de segurança.

São no geral soluções menos económicas do que aquelas que se obtém no controlo passivo de fumo.

Nos locais amplos mas de reduzido pé-direito, não se revela a vantagem de facilidade de utilização painéis de cantonamento para restringir o escoamento do fumo, mantendo uma zona fria com condições adequadas ao movimento de pessoas, tal como sucede nos locais de grande pé-direito. Nestes espaços recorre-se a sistemas mecânicos, de admissão de ar novo e extracção de fumo, ou eventualmente a sistemas mistos.

Em locais de dimensões médias como por exemplo, salas de reuniões, bibliotecas, poderá recorrer-se a sistemas activos ou passivos que já foi referido em 3.9.

A grande vantagem dos sistemas de controlo activo de fumo, relativamente aos sistemas de controlo passivo de fumo é o facto de ser possível obter uma melhor coordenação entre os caudais de entrada de ar e saída de fumo no local sinistrado.

De acordo com *Cluzel, 1982* a existência de sistemas de ventilação e de ar condicionado, pode contribuir para o escoamento não controlado de fumo no interior do edifício, se não forem adoptadas medidas de precaução. O fornecimento de ar novo feito por estes aparelhos é habitualmente realizado por aberturas colocadas próximas do tecto, o que numa situação de incêndio poderá existir o risco de introdução de fumo, aumentando assim o caudal de fumo e a sua turbulência. A permanência em

funcionamento destes sistemas em caso de incêndio deverá ser objecto de análise por parte dos bombeiros, por forma evitar situações desfavoráveis ao controlo de fumo.

As partes móveis dos sistemas activos devem ser objecto de manutenção, de forma a assegurar o seu bom funcionamento na ocorrência de um incêndio.

### 5.1. INTRODUÇÃO HISTÓRICA

Em situações de ocorrência de incêndio o fumo pode deslocar-se para locais bastante afastados da sua origem, ameaçando a vida dos ocupantes do edifício. As escadas, elevadores e corredores são frequentemente invadidos por fumo, impossibilitando a evacuação de pessoas para o exterior dos edifícios.

Por volta de 1960 surgiu na Inglaterra e Austrália a ideia de usar a pressurização para prevenir a infiltração de fumo em caixa de escadas, criando diferenças de pressão entre o local sinistrado e os locais circundantes.

A evolução da tecnologia do controlo de fumo, em particular da pressurização, tem envolvido a contribuição de vários investigadores que ao longo dos tempos têm discutido conceitos e avaliado soluções, dos quais se destacam nesta área, McGuire (1967), McGuire e Tamura (1971) Stewart (1973), Fung (1976), Hobson e, Klote e Milke (1992).

### 5.2. PRINCÍPIOS DE CONTROLO DE FUMO

Durante um incêndio as forças induzidas pelo fogo, devido às elevadas temperaturas que se geram, criam diferenças de pressão através das portas, as quais permitem que o fumo se escoe através das aberturas existentes.

Provocando uma alteração nestas diferenças de pressão, pode-se controlar o movimento do fumo e impedir a sua propagação a espaços que se pretendem preservar livres do mesmo.

Os dois princípios básicos usados para o controlo de fumo são:

- *Fluxo de ar (airflow)*, que podem controlar o movimento do fumo se a velocidade média do ar for suficiente;
- *Diferenças de pressão (Pressure differences)*, entre o local sinistrado e local a proteger.

Embora o segundo princípio possa ser um caso particular do primeiro, a sua distinção facilita o problema ao projectista, na medida em que se torna mais fácil quando se estabelece a seguinte analogia:

- Grandes aberturas (Portas abertas): Velocidade do ar
- Pequenas aberturas (Portas fechadas): Pressurização

Quando existe uma grande abertura, a velocidade do ar é a grandeza física apropriada para consideração em projecto para o controlo de fumo, contudo quando existem apenas fissuras a determinação desta velocidade torna-se difícil, considerando-se nestes casos que a grandeza física apropriada é a diferença de pressão.

Estes dois princípios de controlo de fumo, fluxo de ar e diferença de pressão, actuam de forma a se oporem às forças que originam o movimento do fumo por todo o edifício.

Nos sistemas de controlo de fumo devem ser previstas saídas para a evacuação de fumo, para que seja aliviada a pressão criada pelo fumo durante o incêndio devido ao calor gerado.

O método da pressurização, também designado por hierarquia de pressões, consiste numa técnica activa que visa criar diferenças de pressão entre o local sinistrado (em sub pressão) e os locais vizinhos. A coordenação da pressão em diferentes zonas evita a invasão do fumo em espaços não sinistrados (em sobrepressão).

A sobrepressão é garantida pela introdução de ar nesses locais através de equipamentos que injectam ar fresco numa conduta de distribuição de ar, para as condutas de insuflação de ar nos incêndios, designados por insufladores de ar e dimensionados para tal efeito.

É uma técnica usualmente praticada na caixa de escadas de edifício altos, já que para estes a controlo de fumo passivo se revela pouco eficiente.

### **5.3. ABORDAGEM AO PROJECTO DE RG – SCIE**

De acordo com projecto de RG – SCIE o controlo de fumo por sobrepressão pode ser realizado nas vias horizontais de evacuação e nas vias verticais de evacuação de edifícios.

O controlo de fumo por sobrepressão nas *vias horizontais enclausuradas* relativamente aos locais sinistrados apenas se poderá realizar se estes dispuserem de uma instalação de escape de fumo própria, devendo ser estabelecida uma diferença de pressões de 20 Pa entre as vias e os locais de sinistro.

Sempre que a comunicação entre o local e a via seja dotada de câmara corta-fogo, a diferença de pressão deve ser criada na câmara, e nestes casos as próprias vias devem dispor de instalações de desenfumagem.

Quando exista uma câmara corta-fogo a interligar dois locais e não possa ser desenfumada por meios passivos, a câmara deve ser pressurizada entre 20 Pa e 80 Pa relativamente aos locais referidos, garantindo uma velocidade de passagem do ar não inferior a 0,5 m/s com a porta aberta.

As galerias fechadas de ligação entre edifícios independentes ou entre corpos do mesmo edifício devem ser pressurizadas e as vias que lhes dão acesso devem dispor delas próprias de instalação de desenfumagem.

O controlo de fumo nas *vias verticais de evacuação* por sobrepressão destina-se a evitar a introdução de fumo nas mesmas, a qual pode ser obtida por insuflação de ar nas vias verticais por forma a estabelecer diferenças de pressão entre esta e os espaços adjacentes a esta no piso sinistrado, no mínimo de 20 Pa e no máximo de 80 Pa, ou pela combinação da insuflação de ar nas vias verticais e controlo de fumo no espaço adjacente a esta, garantindo a diferença de pressão dentro dos limites.

A pressão mínima (20 Pa) e máxima (80 Pa) regulamentares, são obtidas com todas as portas de acesso às escadas fechadas.

Sempre que exista câmara corta-fogo de acesso à escada a sua pressão deve ser intermédia entre a da via vertical e os espaços com que comunica.

Em edifícios de grande altura é possível realizar instalações de controlo de fumos por sobrepressão através de:

- Insuflação de ar nas vias verticais, insuflação independente nas câmaras corta-fogo e controlo de fumo no espaço a elas adjacente no piso sinistrado;

- Insuflação de ar nas vias verticais, insuflação independente nas câmaras corta-fogo e a passagem de ar para os corredores, através de grelha dotada de registo corta-fogo de guilhotina calibrada para 70°C, associada a extracção no espaço adjacente do piso sinistrado.

Os caudais insuflados para o controlo de fumo por sobrepressão devem em todo o caso, permitir uma velocidade de passagem do ar, na porta de acesso à escada quando esta estiver aberta, superior a 0,5 m/s, se não existir câmara corta-fogo.

Caso exista câmara corta-fogo a velocidade de passagem do ar entre a câmara e os espaços adjacentes do piso sinistrado deve ser superior a 1,0 m/s, se as duas portas estiverem abertas.

No topo das vias verticais deve ser instalado um exutor de fumo de socorro, com 1 m<sup>2</sup> de área útil, cuja abertura dever ser apenas facultada aos responsáveis pela segurança e bombeiros.

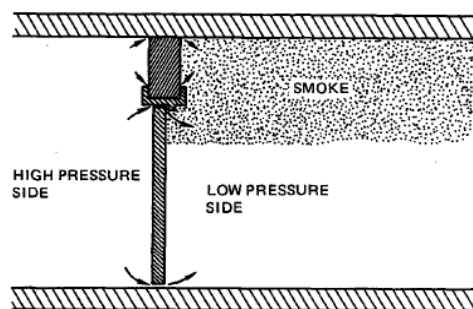
No caso de escadas pressurizadas que sirvam pisos enterrados e sejam exigidas câmaras corta-fogo, a pressurização está limitada ao que já foi exposto.

Caso pertençam a espaços de utilização – tipo II (Estacionamentos) podem possuir sistemas que garantam uma renovação horária equivalente a cinco volumes, no mínimo, e uma diferença de pressão entre a câmara e os locais adjacentes não ultrapasse 80 Pa.

#### 5.4. FLUXO DE AR E PRESSURIZAÇÃO

O controlo de fumo em edifícios, consegue-se através do uso de barreiras, pavimentos, paredes e portas, em sintonia com correntes de ar e diferenças de pressão conseguidas por insuflação de ar.

A **Figura 5.1** em baixo ilustra a diferença de pressão através de uma barreira cujo objectivo é conter o fumo, evitando a sua dispersão. Do lado direito, local onde ocorre o incêndio e portanto onde o fumo tem origem, verifica-se menor pressão (low pressure), enquanto no lado esquerdo se verifica uma pressão superior de (high pressure).

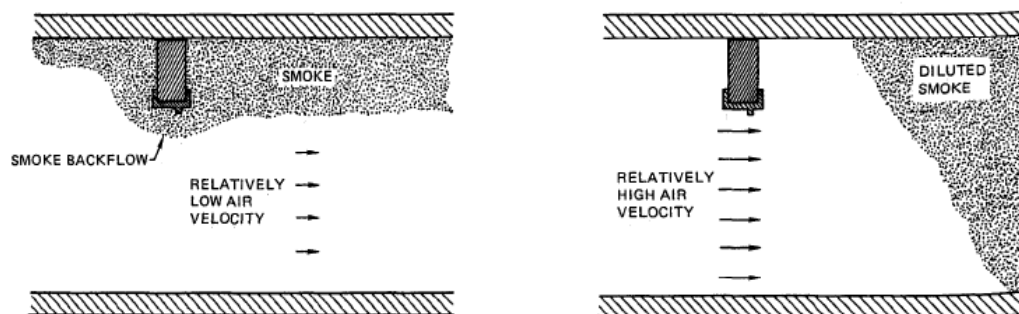


**Figura 5.1** – Diferença de pressão entre o local sinistrado e o local vizinho [3].

Enquanto o lado de menor pressão está exposto ao fumo, o fluxo de ar proveniente do lado de maior pressão, protege a infiltração de fumo neste espaço, que poderia ocorrer através de eventuais fissuras existentes na porta ou em outros elementos de construção, ou até mesmo de fissuras que se tenham formado devido às prováveis elevadas temperaturas no compartimento.

No entanto quando se faz a abertura da porta, pode ocorrer a invasão de fumo através desta, se a velocidade do ar for baixa, de forma que não consiga impedir a introdução do fumo. Situação que se pretende evitar, já que os caminhos de evacuação e áreas de refúgio devem permanecer transitáveis.

A **Figura 5.2** retrata durante a abertura da porta e devido à velocidade insuficiente do ar, a intrusão de fluxo de fumo no compartimento, e à direita a sua diluição perante uma velocidade do ar superior.



**Figura 5.2** – Influência da velocidade de ar (airflow), no controlo do retorno de fluxo de fumo (smoke backflow) [3].

Este retorno de fluxo de fumo pode ser impedido se a grandeza da velocidade do ar for suficiente, a qual depende da taxa de libertação de energia durante o fogo.

Teoricamente, o fluxo de ar pode ser usado para controlar o movimento do fumo em qualquer espaço, no entanto ele é habitualmente usado no controlo de aberturas de entrada de corredores.

A expressão empírica que permite obter esta velocidade crítica para o controlo de fumo em corredores foi desenvolvida por Thomas:

$$V_k = K_v \left( \frac{E}{W} \right)^{1/3} \quad (5.1)$$

em que  $V_k$  representa a velocidade crítica para impedir a invasão de fumo m/s,  $E$  a taxa de libertação de energia no espaço em W,  $W$  a largura do corredor em metros e  $K_v$  é uma constante que assume o valor de 0,0292.

A **Figura 5.3** seguinte é obtida para diferentes larguras do corredor ( $W$ ) em que segundo o eixo das ordenadas se representa a velocidade critica ( $V_k$ ) em m/s e em abcissas a taxa de energia libertada ( $E$ ) em MW.



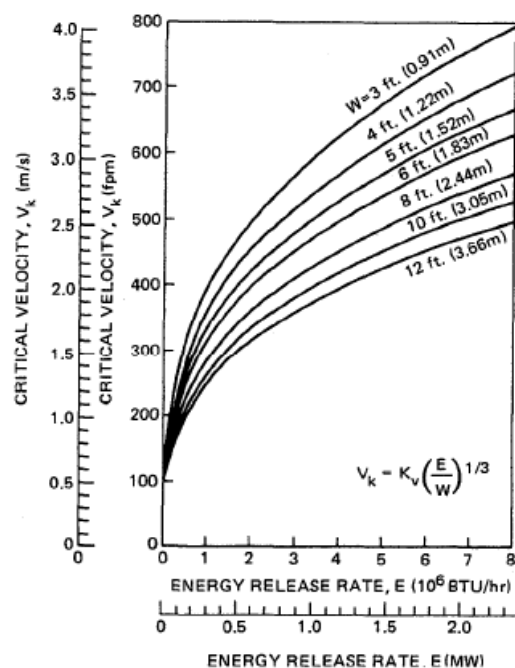


Figura 5.3 – Velocidade crítica para controlo de fumo em corredores [3].

Apesar do fluxo/corrente de ar poder ser usado para o controlo do movimento de fumo, nem sempre se consegue devido à grande quantidade de ar requerido para que este se mostre eficiente. É necessário recorrer à pressurização dos espaços, por insuflação mecânica de ar.

Na determinação do caudal de pressurização devem ser contabilizadas todas as fugas de ar permanentes dos respectivos locais, e do ponto de vista de cálculo do caudal máximo de ar necessário, deve supor-se a existência de uma porta aberta.

O caudal de ar escoado através das aberturas pode ser obtido pela seguinte expressão [9], onde se verifica que existe proporcionalidade entre o caudal a insuflar e a diferença de pressão  $\Delta P$  em entre os dois meios:

$$Q = C.A.\Delta P^{\left(\frac{1}{B}\right)} \quad (5.2)$$

em que  $Q$  representa o caudal de ar a insuflar em  $m^3/s$ ,  $A$  a área da secção de escoamento em  $m^2$  e  $B$  e  $C$  constantes. A constante  $C$  designada por coeficiente de vazão, e que depende da geometria do caminho percorrido pelo fluxo, bem como da turbulência e atrito, assume o valor de 0,827 para a maioria das fugas que ocorrem num edifício, quer se trate de fendas que ocorram na junta móvel de portas e janelas, quer se trate de aberturas de maiores dimensões. A constante  $B$  varia entre o valor de 1 e 2, onde o valor de 2 é usado para uma grande gama de escoamentos, que engloba os escoamentos através de grandes dimensões, quer os escoamentos através de juntas móveis de portas. Para os escoamentos através de juntas móveis de janelas, devido a reduzida dimensão das aberturas, o valor de 1,6 adequa-se melhor, segundo experiências feitas. Na generalidade dos casos é adoptado o valor de 2 para a constante  $B$  devido aos elevados caudais que se escapam através de juntas móveis das portas. A obtenção do valor dos caudais das fugas através das aberturas em série ou em paralelo pode ser feita

com base no cálculo de uma área equivalente  $A_{eq}$ , que reflecte a ponderação adequada das áreas das aberturas. Assim, quando a zona a pressurizar comunica directamente com zonas à pressão exterior, fugas em paralelo, a expressão para a área equivalente  $A_{eq}$  é:

$$A_{eq} = \sum_i A_i \quad (5.3)$$

Em que  $A_i$  representa os valores das áreas de cada uma das aberturas. Se o espaço a pressurizar comunica com as zonas à pressão exterior através de várias aberturas em série, fugas em série, a expressão da área equivalente assume a seguinte forma:

$$A_{eq} = \left( \frac{\prod_i A_i}{\left[ \sum_i A_i^2 \right]^{1/2}} \right) \quad (5.4)$$

Os casos reais podem ser encarados como um conjunto de fugas em série e em paralelo, utilizando nesses casos a área equivalente resultante da sucessiva utilização das duas expressões anteriores.

Este caudal de pressurização obtido deve garantir que o fluxo de ar que atravessa os vãos das portas de comunicação da zona pressurizada com as zonas à pressão exterior, quando estas se abrem, impeça a entrada do fumo.

Admitindo o coeficiente de vazão  $C$  igual a 0,827 e  $B = 2$  a expressão (5.2) vem:

$$Q = 0,827 \cdot A \cdot \sqrt{\Delta P} \quad (5.5)$$

Traduzida via gráfica a expressão (5.5) obtém-se o seguinte gráfico [3], em que segundo ordenadas aparece a relação  $Q/A$ , e em abcissas a diferença de pressão em Pa:

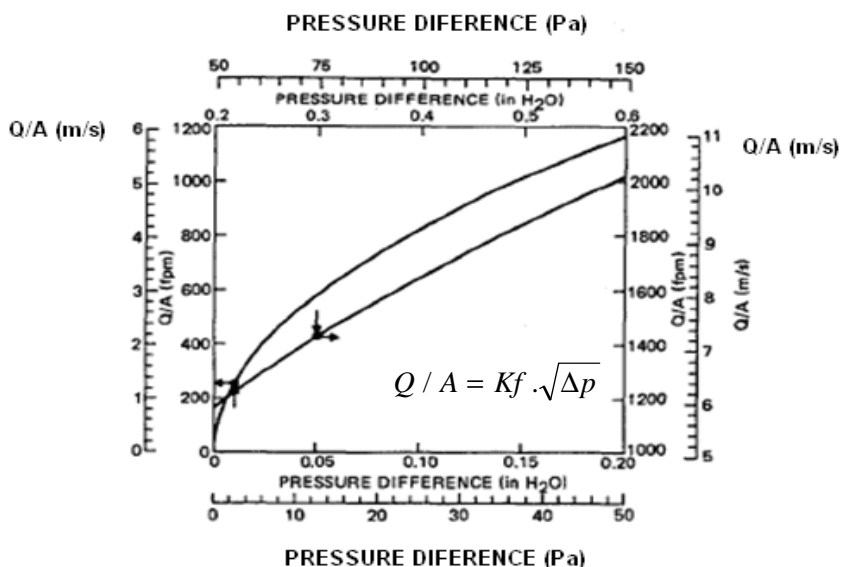


Figura 5.3 b – Relação em  $Q/A$  e diferença de pressão [3].

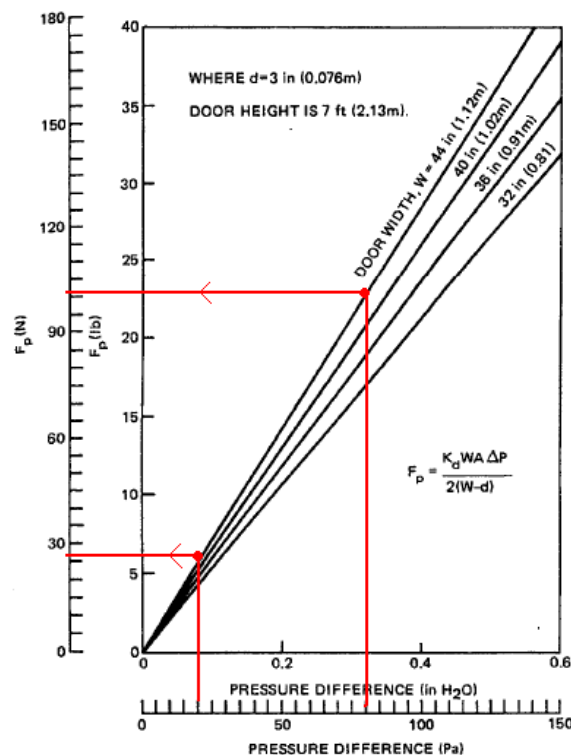
A pressurização visa a criação de diferenças de pressão entres locais, sempre como o objectivo de manter livre de fumo os locais que funcionam como vias de evacuação aos ocupantes do edifício. Este objectivo consegue-se criando uma pressão superior nos locais não sinistrados, através de insufladores de ar, que em caso de incêndio devem permitir introduzir a quantidade que gera diferenças de pressão

regulamentarmente aceitáveis. A diferença de pressão mínima (20 Pa) visa assim, garantir que se criam as mínimas condições para o controlo de fumo em determinado espaço. Obviamente que a diferença de pressão máxima permitida (80 Pa) na pressurização de locais, estabelece este valor para que não sejam criadas diferenças de pressão superiores, as quais dificultariam ou no limite impediriam, a abertura das portas de evacuação, tal era a grandeza da força necessária aplicar. No entanto torna-se difícil saber qual o valor da força a exercer, que se considera excessivo. A condição física de uma pessoa será o factor mais importante na determinação da força aceitável para a abertura da porta de saída, que de acordo com a NFPA 101, Life Safety Code (National Fire Protection Association) não deverá exceder os 133 N. Este aspecto deve ser considerado na pressurização.

A força total necessária para abrir a porta será a soma de duas parcelas: a força necessária para abertura da porta, mais a parcela para superar o excesso de pressão causado pela pressurização. A soma destas duas resulta na seguinte expressão [3]:

$$F = F_{dc} + \frac{K_d \cdot W \cdot A \cdot \Delta P}{2 \cdot (W - d)} \quad (5.6)$$

Em que  $F$  representa a força total para abertura da porta (N),  $F_{dc}$  a força que permite abertura da porta sem pressurização (N),  $W$  a largura da porta (m),  $A$  a área da porta (m<sup>2</sup>),  $\Delta P$  a diferença de pressão através da porta (Pa),  $d$  a espessura da porta (m) e  $K_d$  um coeficiente que assume o valor de 1,0. A força necessária para abertura da porta devido à pressurização, no caso de esta apresentar uma altura de 2,13 m e uma espessura de 0,08 m pode ser obtida pela **Figura 5.4** seguinte:

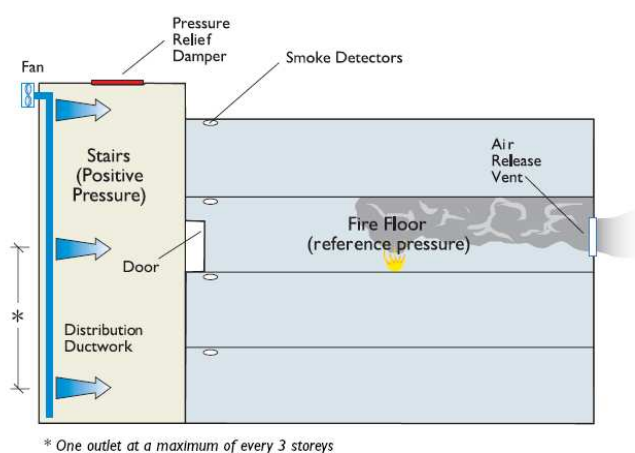


**Figura 5.4** – Ábaco para determinação da força de abertura da porta devido à pressurização [3].

Verifica-se que para as condições em cima descritas e para uma diferença de pressão de 20 Pa a força devido à pressurização seria de aproximadamente 25 N enquanto que para uma diferença de 80 Pa a força seria de aproximadamente 100 N. Acrescidas de uma força de 12 N para consideração da parcela necessária aplicar para abrir a porta sem pressurização, daria uma força total de 37 N no caso de 20 Pa e 112 N no caso de 80 Pa.

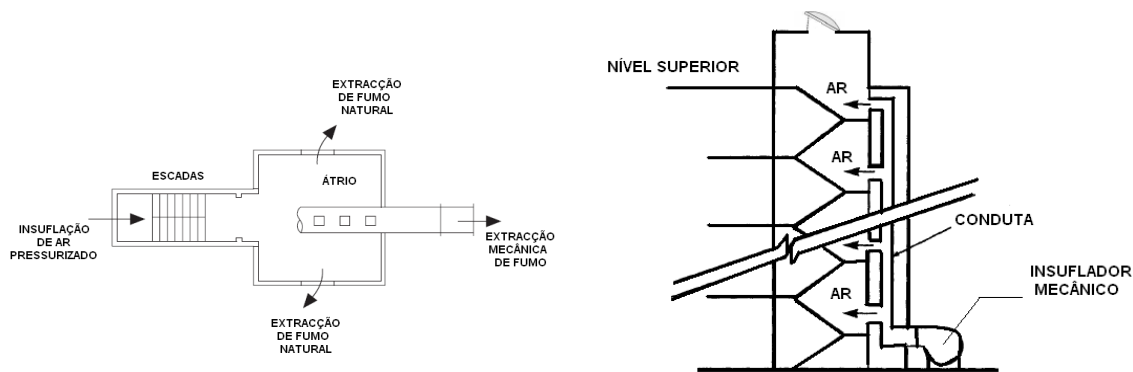
### 5.5. PRESSURIZAÇÃO DA CAIXA DE ESCADAS

O objectivo da pressurização da caixa de escadas, consiste em manter este caminho de evacuação livre de fumo, de modo a permitir a fuga dos ocupantes do edifício em caso de incêndio. Um segundo objectivo é garantir uma zona livre de fumo para combate ao fogo por parte dos bombeiros. Para isso é necessário que a caixa de escadas receba um fornecimento contínuo de ar, que possibilite manter um diferencial de pressão entre este espaço e os adjacentes, preservando um fluxo de ar através de uma ou mais trajectórias de escape, que conduzam o ar para o exterior da edificação.



**Figura 5.5** – Controlo de fumo nas escadas por pressurização gerando uma sobrepressão nestas relativamente aos espaços circundantes [15].

Durante a situação de incêndio no edifício, algumas portas de acesso à escada podem estar abertas para evacuação de pessoas, ou combate a incêndio. O ideal será que nestas situações, em que a porta no local sinistrado se encontra aberta, haja um fluxo de ar suficiente através da porta que previna a entrada de fumo. A pressurização de escadas pode ser dividida em duas categorias, sistemas de insuflação simples de ar ou sistemas de insuflação múltipla de ar. Por insuflação simples de ar, entende-se sistema cuja pressurização é feita por introdução de ar num só local, habitualmente na parte inferior das escadas, embora esta possa ser realizada na parte superior. No entanto este tipo de sistema poderá falhar caso algumas portas localizadas próximas da insuflação se encontrem abertas, já que todo o ar pressurizado se pode perder pelas mesmas, não se conseguindo gerar uma pressão positiva nos pontos mais afastados. Para escadas que apresentem alturas consideráveis a insuflação de ar pode ser feita a partir de vários locais, ao longo de toda a altura da escada, designa-se esta solução por insuflação múltipla de ar.



**Figura 5.6** – Insuflação de ar para pressurização a partir de diferentes pontos. Insuflador montado na parte inferior, e exutor de socorro no topo das escadas [2,3].

O sistema de pressurização pode ser projectado de duas formas, operando somente em situações de emergência, ou incorporando um nível baixo de pressurização, para funcionamento contínuo, com previsão para um nível maior de pressurização que entra em funcionamento em situação de incêndio. O segundo caso mantém um nível mínimo de protecção em permanente operação, que propicia a renovação de ar no volume da escada.

Os elementos básicos que constituem um sistema de pressurização numa caixa de escadas são:

- Sistema de accionamento e alarme (detector de fumo, ou eventualmente outro);
- Ar introduzido mecanicamente;
- Saída de ar.

No caso de a insuflação de ar fresco ser realizada na parte inferior das escadas, revela-se vantajoso a colocação de um exutor de socorro com 1 m<sup>2</sup> de área útil no topo destas, para ajudar à desenfumagem numa situação de emergência em que se verifique intrusão de fumo neste local de evacuação. Facilita-se a saída do fumo e gases pela parte superior, através do exutor cujo comando deverá ser manual e apenas facultado aos responsáveis pela segurança e aos bombeiros.

## 5.6. CONCLUSÕES

A pressurização é geralmente uma solução eficaz em edifícios altos, pois permite preservar vias verticais de evacuação (caixas de escada) isentas do fumo criado por qualquer fogo num determinado piso.

Os edifícios utilizados por crianças, idosos e/ou pessoas incapacitadas deverão ter considerações especiais, a fim de assegurar que as forças criadas pelo diferencial de pressão não são incompatíveis.

Em edifícios com múltiplas escadas pressurizadas, devem ser previstos sistemas de pressurização independentes para cada escada.

A circulação de ar promovida pelos insufladores mecânicos deve ser dimensionada de modo a manter a trajectória do fluxo de ar no sentido contrário ao estabelecido para a fuga das pessoas, a fim de diminuir o risco de intrusão do fumo, devendo ser previstos dispositivos de fecho automático que garantam o bloqueio da passagem de fumo em caso de incêndio.

Deverá ser garantido, que o ar insuflado na caixa de escadas, proveniente do exterior, para estabelecimento de diferenças de pressão, nunca esteja em risco de contaminação. Os insufladores de ar serão instalados no pavimento térreo ou próximo deste e deverão possuir filtro de partículas metálico, devendo ainda haver facilidade de acesso para manutenção. A insuflação de ar ao nível da cobertura do edifício também poderá ocorrer, desde que não se verifique risco de insuflar fumo, prevendo por isso distâncias mínimas de eventuais saídas de fumo existentes. Todo o equipamento de pressurização deve ser submetido a um processo regular de manutenção, incluindo o sistema de detecção de fumo (ou outro), os grupos de insuflação e extracção de fumo e os sistemas de fornecimento de energia.

## CONCLUSÕES FINAIS

### 6.1. CONCLUSÕES

Os métodos de controlo de fumo permitem o prolongamento das condições compatíveis com a sobrevivência humana, aumentando a possibilidade de evacuação dos ocupantes e possibilitando as condições de intervenção dos bombeiros. O aumento da visibilidade permitido pelos sistemas de controlo de fumo pode ser determinante na localização do foco e na consequente eficácia do combate ao incêndio.

Como já foi referido, o controlo de fumo destina-se em primeiro lugar evitar que as pessoas, sejam elas ocupantes do edifício na sua evacuação ou bombeiros na sua intervenção, possam ser afectadas, na sua permanência e movimento no interior do edifício. A vertente que o controlo de fumo pode dar na sua componente de desenfumagem permite reduzir a possibilidade de propagação do incêndio, ao convectar calor para o exterior.

No entanto este contributo só será possível se estes sistemas forem activados numa fase inicial do incêndio, porque após o incêndio completamente desenvolvido o accionamento dos sistemas de controlo de fumo serão irrelevantes, já que se geram condições incompatíveis à sobrevivência humana nos locais.

Os processos físicos em que os métodos de controlo de fumo se baseiam são simples, mas exigem o conhecimento do escoamento do fumo gerado pelo incêndio. Em determinadas situações devido à complexidade da geometria dos espaços dos edifícios, requerem um estudo mais detalhado, que passa pela aplicação de modelos do âmbito da mecânica de fluidos por via computacional.

O projecto de sistemas de controlo de fumo deverá adequar-se a cada tipo de espaço, não só através do cumprimento da regulamentação em vigor que lhe é exigida, mas também através de técnicas que permitam o funcionamento satisfatório para os cenários de incêndio previsíveis.

O controlo de fumo em edifícios tem como alvo os objectivos anteriormente mencionados em 1.3, os quais para serem alcançados precisam de uma correcta instalação das componentes da desenfumagem. No entanto não adianta saber instalar se o dimensionamento for incorrecto ou inadequado face à finalidade a que se destina, ora isto implica o domínio dos conceitos e regras de cálculo reconhecidas por entidades acreditadas, bem como execução de pormenores completos que integrem os equipamentos seleccionados para controlo de fumo nas estruturas arquitectónicas.

Deverá promover-se uma mentalidade preventiva, com base no diálogo entre os diversos intervenientes no projecto de instalações especiais, mas também aqueles que têm de avaliar projectos

nos serviços autárquicos, fiscalizadores de novas obras, auditores de licenciamento das instalações e comandantes dos bombeiros voluntários ou profissionais que actuam nos sinistros incendiários.

É essencial que seja atingida uma perfeita coordenação no conhecimento dos meios tecnológicos disponíveis, modos de instalação e manutenção dessas infra-estruturas especiais para combate a incêndio, procedimentos recomendáveis na concepção ou implementação dos sistemas e sua utilização em caso de sinistro.

É indispensável que as operações de manutenção preventiva das instalações de controlo de fumo sejam realizadas ao longo do tempo, a fim de garantir que estas se encontram em condições operacionais em caso de ocorrência de um incêndio. É de todo o interesse a realização de inspecções periódicas através de pessoal técnico competente.

Para que uma instalação de controlo de fumo cumpra a finalidade com eficácia para a qual foi projectada, é necessário ter em consideração as quatro fases: projecto, construção, montagem e manutenção.

Por último, apraz criticar a atitude dos projectistas que consideram a segurança contra incêndios como um mero problema de cumprimento de códigos e leis, e algumas crenças comuns por parte de empresários/construtores de que, os incrementos do nível de Segurança Contra Incêndio são investimentos sem retorno, considerando que o incêndio é um risco a ser simplesmente coberto por um seguro.

Porque afinal, o “Incêndio apaga-se no projecto!”



## **APLICAÇÃO PRÁTICA – PROJECTO DE DESENFUMAGEM DE EDIFÍCIO INDUSTRIAL DE GRANDE EXTENSÃO**

### **7.1.DESCRICÃO DO EDIFÍCIO**

O edifício industrial objecto de estudo neste trabalho situa-se na zona industrial da Maia e destina-se a uma unidade fabril de produtos gráficos e tipografia.

De acordo com o projecto de arquitectura fornecido, o edifício designado por “Bloco Gráfico” é composto por três volumes de construção independentes, ligados entre si, formando um corpo único com funções específicas a desenvolver nos espaços criados.

Volume área fabril – Espaço destinado ao fabrico e transformação, apresenta uma planta rectangular com 130 m de comprimento e 60 m de largura, desenvolvido num só piso e de altura variável com um (pé – direito) mínimo de 10,20 m e máximo 11,40 m, apresentando uma área de 7800 m<sup>2</sup>. No interior deste espaço – nave fabril, criaram-se três compartimentos independentes e autónomos, destinados ao apoio, designados por armazenamento e recolha de aparas de papel, manutenção/armazenamento de peças e arquivo de sobras de papel, dois pequenos escritórios e instalações sanitárias.

Volume social e administrativo – Implantado no topo sul da nave fabril e directamente ligada a esta, desenvolve-se em quatro pisos, com as dimensões de 80,00 m por 16,20 m, o que perfaz uma área de implantação de 1216,00 m<sup>2</sup>. Apresenta uma cave com a área de 275,00 m<sup>2</sup> completamente enterrada com acesso directo à parte exterior em túnel, onde se implanta duas cisternas de água com o volume de 55,50 m<sup>3</sup> cada, bem como todo o sistema de comando e controlo de distribuição e abastecimento de água e combate a incêndio e casa das máquinas.

No R/C desenvolve-se o átrio de recepção, atendimento de clientes e sala de controlo e é feito o acesso aos pisos superiores através de escadas. A restante área é ocupada por espaços que apoiam a zona de fabrico e transformação, designadamente, arquivo de fotolitos, montagem e transporte de chapas, arquivo de chapas e armazenamento de matérias-primas inflamáveis.

Neste piso estão ainda previstos os vestiários e sanitários do pessoal trabalhador subdividido por sexos, um gabinete médico, zona de apoio a cantina e o sistema de comunicação vertical de serviços, constituído por uma caixa de escadas e elevador monta-cargas que serve todos os pisos.

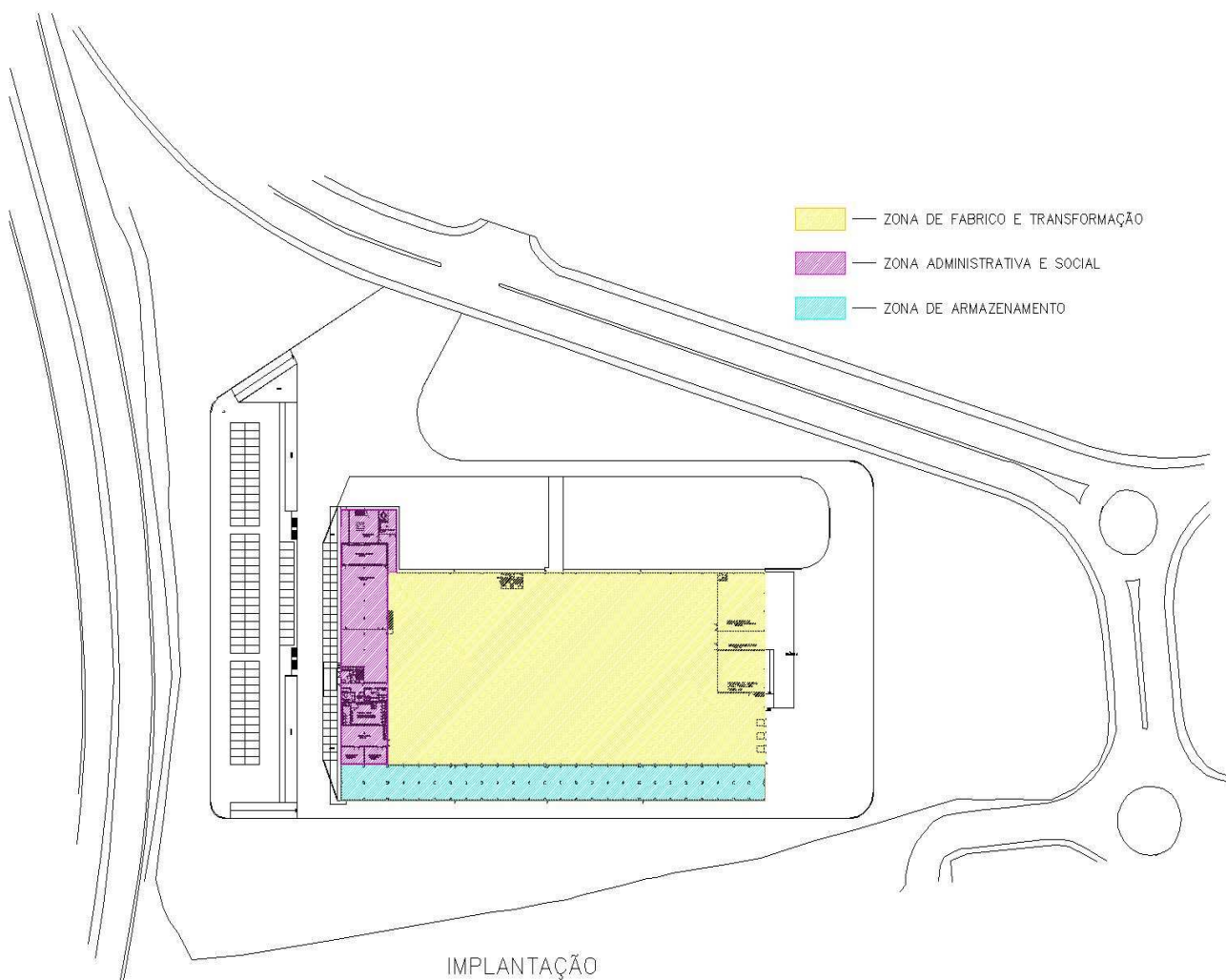
No 1º andar estão instalados os serviços administrativos e direcção da empresa. Foram previstos dois gabinetes de atendimento directamente ligados ao átrio de distribuição, uma sala polivalente, secretaria

e sala de reunião, gabinete da direcção, laboratório de controlo de qualidade, gabinete administrativo, arquivo morto e uma área destinada a expansão administrativa. Todas estas áreas são servidas por instalações sanitárias correspondentes.

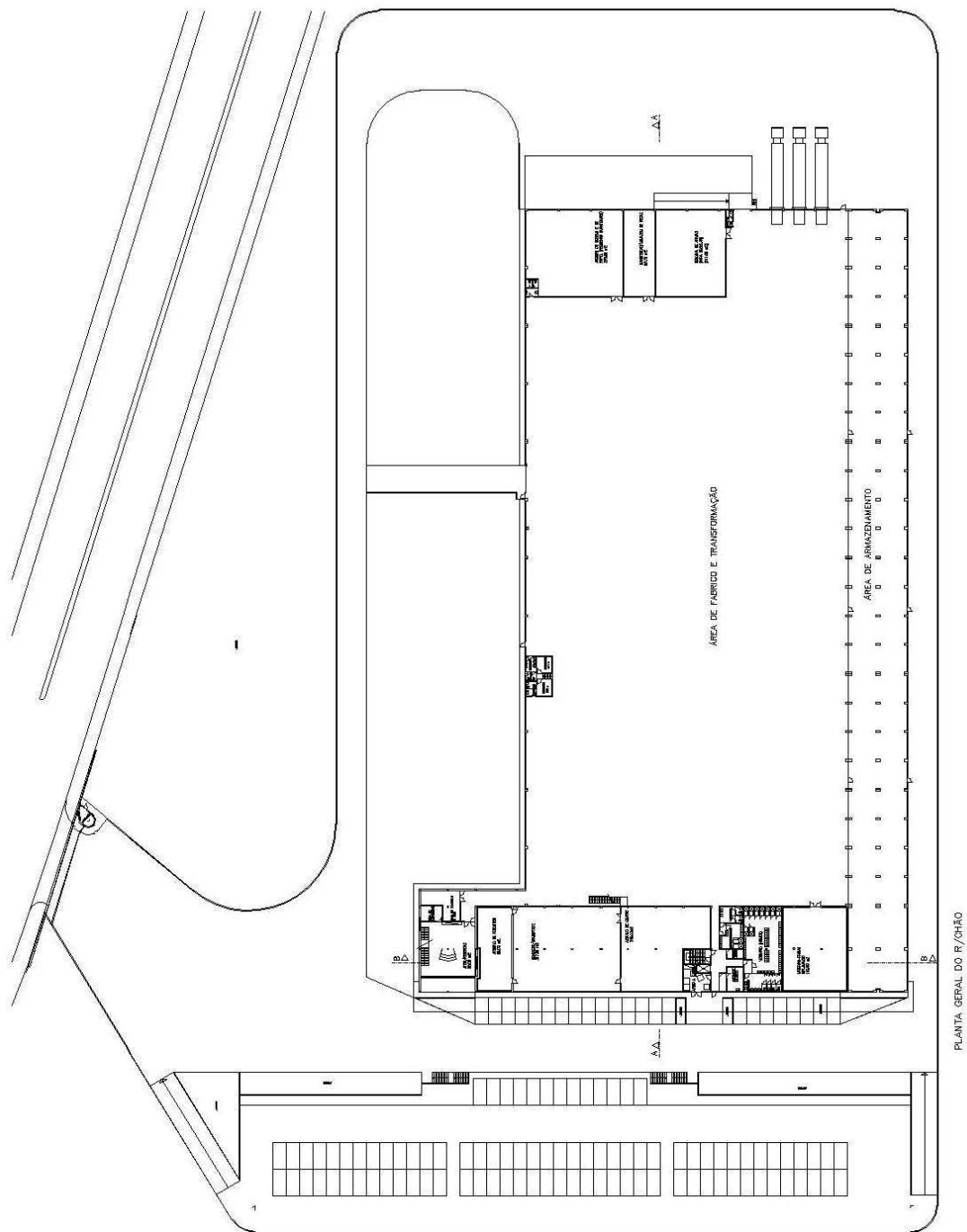
No 2º andar, funcionando como piso recuado, foram desenvolvidos os serviços sociais de cantina, cozinha e despensa, instalações sanitários e lavabos, vestiário para os trabalhadores e uma sala polivalente destinada aos serviços sociais.

Volume para armazenamento – Desenvolvido ao longo do comprimento unidade fabril, e a toda a largura do Bloco Social com extensão de 146,80 m e uma largura de 11,20 m, com uma altura de 26,50 m e destina-se armazenamento e stokagem de material, através do esquema de silagem por elevadores monta-cargas automatizados.

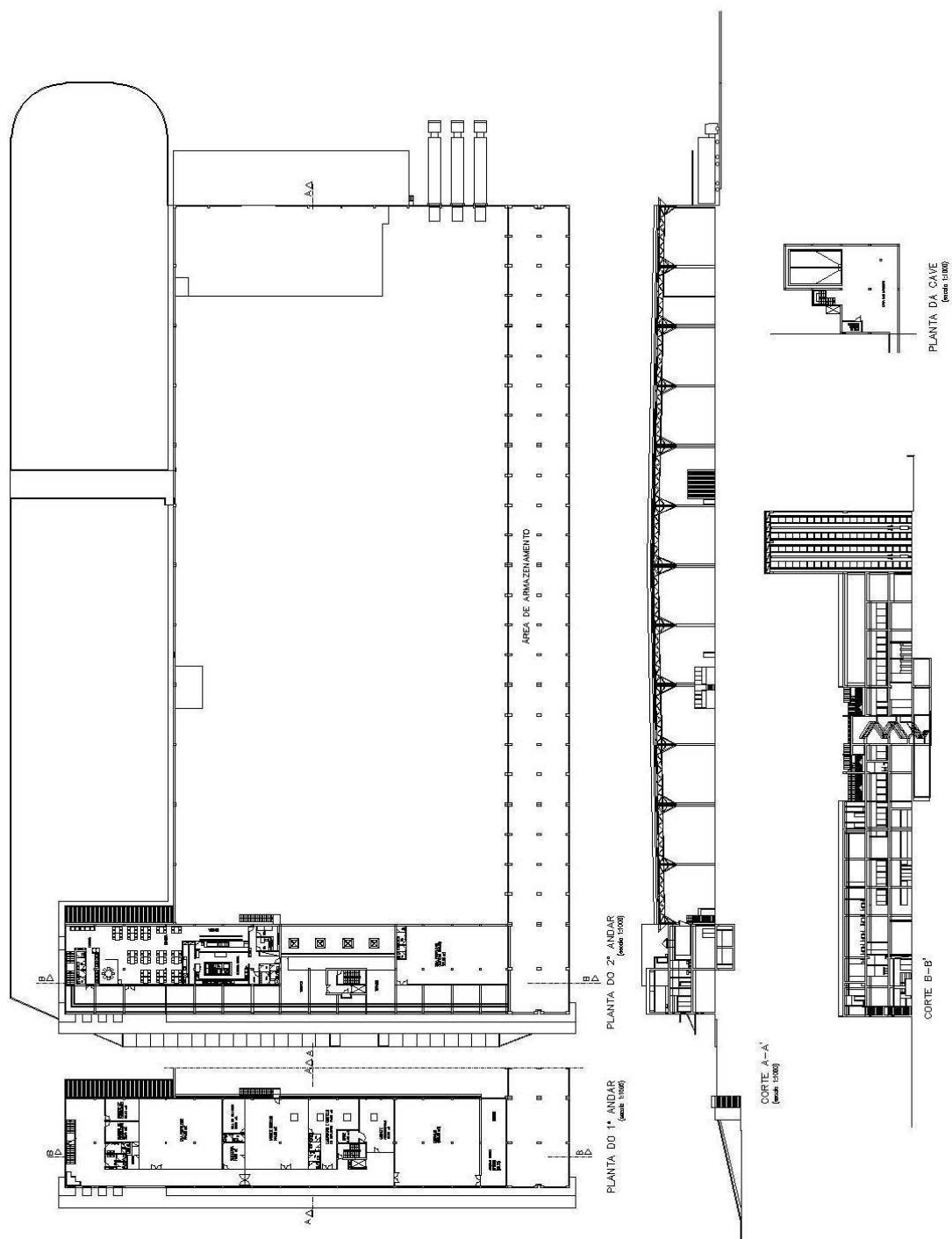
As **Figura 7.1** e **7.2a** e **7.2b** representam a planta de implantação do edifício industrial e as plantas dos diversos pisos, respectivamente.



**Figura 7.1** – Planta de implantação do edifício industrial objecto de estudo.



**Figura 7.2a** – Planta do R/CHÃO.



**Figura 7.2b** – Plantas da Cave, 1º e 2º andares e cortes A-A' e B-B'.



Bloco social e administrativo.



Nave Fabril.



Bloco de Armazenamento.

## 7.2. SOLUÇÃO ADOPTADA DE CONTROLO DE FUMO

O controlo de fumo é abordado no projecto de RG – SCIE no Título VII em Capítulo IV, precavendo a necessidade de os edifícios serem dotados de meios que promovam a libertação para o exterior do fumo e dos gases tóxicos ou corrosivos, reduzindo a contaminação e a temperatura dos espaços e mantendo condições de visibilidade, nomeadamente nas vias de evacuação.

O presente trabalho visa dotar o edifício industrial de meios que permitam um eficiente e eficaz controlo de fumo dando cumprimento ao regulamento referido.

Em todo o edifício industrial, nave fabril mais serviços sociais e administrativos, será realizado o controlo de fumo por varrimento passivo ou natural, através do dimensionamento de aberturas para admissão de ar e para libertação de fumo ligadas ao exterior, quer directamente, quer através de condutas.

De acordo com o projecto de RG – SCIE para além da nave fabril são exigidas instalações de controlo de fumo para os restantes compartimentos adjacentes, na medida a alínea j) do Artigo 154º, que refere as exigências de estabelecimento de instalações de controlo de fumo, engloba todos os espaços afectos à utilização – tipo XII. Assim será prevista a desenfumagem passiva para cada um dos espaços.

No entanto, por se entender que é desnecessária a desenfumagem de locais que apresentam uma área muito pequena, esta não será equacionada. Embora o regulamento o exija, é do bom senso que não seja feito, até porque nestes locais de área tão reduzida (inferior a 5,00 m<sup>2</sup>) não é o fumo que representa o maior perigo, mas sim as chamas, já que a evacuação destes locais se faz com facilidade.

É caso dos compartimentos: *Arrumos de Limpeza (R/C)*, *Arrumos e W.C.'s (1º Andar)*, *Escritório e Despensa (2º Andar)* e *Vestiário e W.C. (2º Andar)*.

## 7.3.DIMENSIONAMENTO E JUSTIFICAÇÃO DOS CÁLCULOS

### 7.3.1. NAVE FABRIL

#### 7.3.1.1. Cantões de desenfumagem

Como já se referiu a nave fabril apresenta uma área útil de aproximadamente 7210 m<sup>2</sup>, superior a 1600 m<sup>2</sup>, conforme se ilustrou na descrição do edifício em 7.1 surge assim necessidade de repartir o espaço em cantões de desenfumagem cuja área não ultrapasse esse valor e cujas dimensões sejam inferiores a 60,0 m. Tal divisão é conseguida por intermédio de barreiras suspensas do tecto que evitam a propagação do fumo a outros espaços, optando-se preferencialmente por cantões de igual área para facilidade de controlo de fumo.

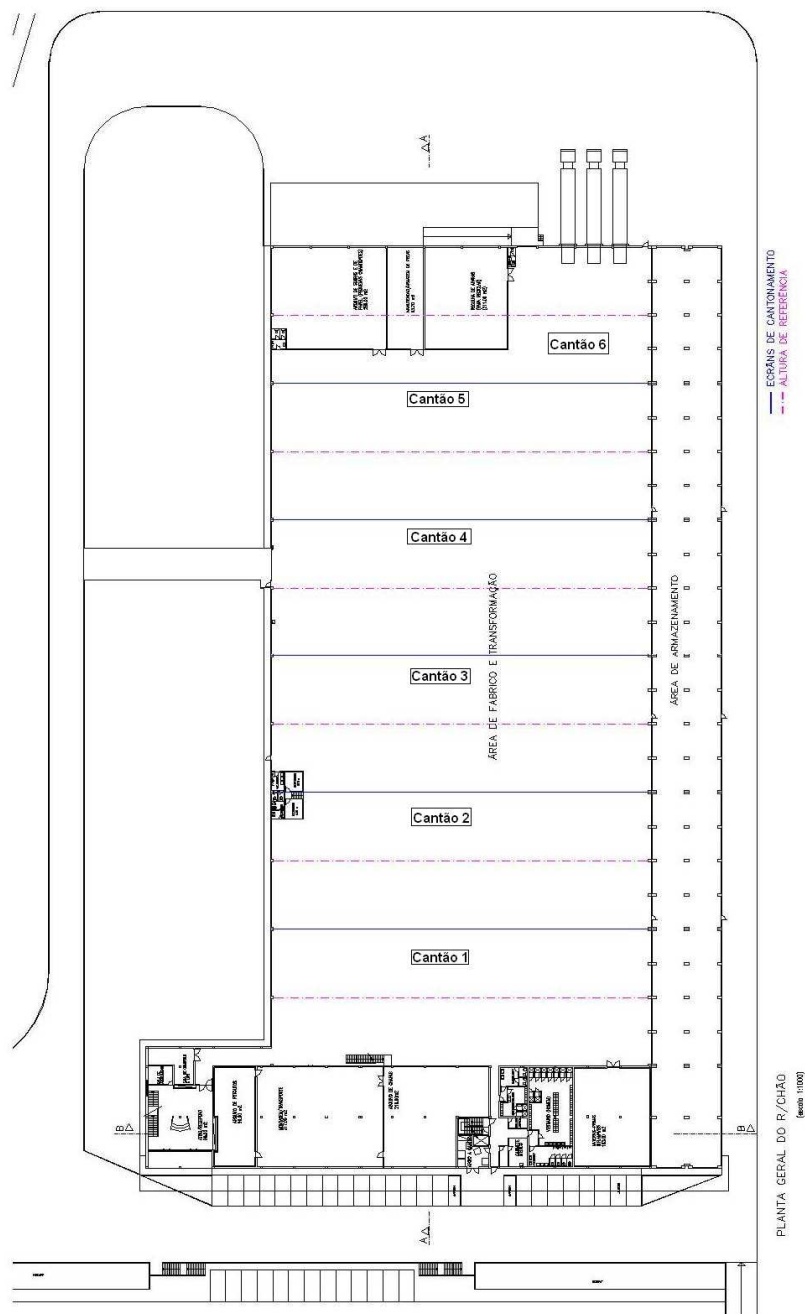
Estas barreiras devem ser constituídas por materiais incombustíveis às elevadas temperaturas dos gases, M0 de acordo com a classificação do LNEC, A1 com a classificação Europeia, devendo apresentar uma classe de resistência ao fogo PC de acordo com o LNEC ou E com a classificação Europeia, igual à requerida para os exutores de forma a evitar que estas anteparas sejam um ponto fraco e ponham em causa a destruição do reservatório de fumo criado em caso de incêndio.

O número de cantões é obtido pela divisão da área total da nave, área a desenfumar, pelo valor limite

de cada cantão, ou seja:  $n_{cantões} = \frac{7212m^2}{1600m^2} = 4,5 \Rightarrow 5 \text{ cantões}$ . Isto significa que são necessários 5

cantões para a nave, construídos de forma a garantir para cada um, uma área inferior a 1600 m<sup>2</sup> e dimensões menores que 60 m. No entanto verificando que as barreiras de cantonamento não coincidem com os elementos estruturais, vigas – asnas metálicas, optou-se por formar mais um cantão, existindo seis na sua totalidade, perfeitamente definidos com largura e comprimento de acordo com o

**Quadro 7.1.** As barreiras que estabelecem a divisão do espaço são fixas, permanentemente activadas, já que se consegue conjugar a eficácia da solução à estética. Além disso este tipo de painéis de cantonamento ao não depender de pessoas para a sua activação em caso de incêndio revela-se uma solução de bastante fiabilidade. A **Figura 7.3a** ilustra em planta os cantões propostos para a nave fabril.



**Figura 7.3a** – Cantões propostos para a nave fabril.

**Quadro 7.1** – Compartimentação em cantões de desenfumagem.

Cantões	Área [m <sup>2</sup> ]	Largura [m]	Comprimento [m]
Cantão 1	1294,920	21,582	60,000
Cantão 2	1304,520	21,742	60,000
Cantão 3	1304,520	21,742	60,000
Cantão 4	1304,520	21,742	60,000
Cantão 5	1304,520	21,742	60,000
		21,750	22,800
Cantão 6	698,640	5,450	37,200

$$\sum \text{Área} \cong 7210 \text{ m}^2$$

Estando integrados na nave, objecto de desenfumagem, os compartimentos destinados: *recolha de aparas para reciclar* (211,00 m<sup>2</sup>), *manutenção/armazém de peças* (93,70 m<sup>2</sup>) e *arquivo de sobras e de papel* (285,00 m<sup>2</sup>) e sendo estes separados fisicamente, não permitindo a ligação entre espaços, optou-se por desenfumagem independente para cada um deles.

A cobertura destes compartimentos sendo a continuidade da cobertura da nave tornou possível a instalação de exdutores para expulsão do fumo e gases quentes em caso de incêndio.

#### 7.3.1.2. Barreiras de cantonamento e exdutores de fumo e ou vãos de fachada

A altura da barreira transversal que garante o cantonamento do espaço varia em cada cantão, uma vez que a cobertura da nave apresenta uma ligeira inclinação  $i = \frac{11,40 - 10,20}{65,10} = 1,84\%$  motivada pela

diferença de altura do pé-direito mínimo ( $h_{\min.} = 10,20 \text{ m}$ ) e máximo ( $h_{\max.} = 11,40 \text{ m}$ ), além de ter uma componente constante abaixo do menor pé – direito.

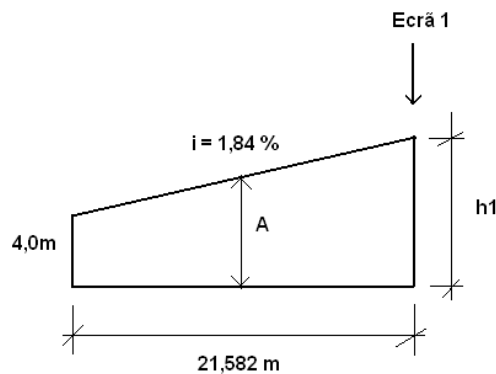
As barreiras previstas para a divisão da nave são colocadas paralelamente à sua menor dimensão (60,0 m) de forma a construir reservatórios de fumo que em caso de incêndio cumpram as dimensões máximas exigidas no projecto de RG – SCIE.

No *cantão 1* colocou-se uma barreira de altura de 4,00 m junto à zona de escritórios. A escolha desta altura prende-se fundamentalmente com o facto de no primeiro andar estarem previstos os gabinetes para a administração. Evita-se assim perturbar a visão do interior destes para a nave fabril, já que a separação dos gabinetes com o espaço de fábrica é feita através de envidraçados. Obviamente que quanto mais baixo estas anteparas descenderem maior espessura de fumo se permite que se acumule em caso de incêndio, e consequentemente menor é o ritmo de desenfumagem, ou seja, menos exdutores no topo da cobertura. A altura proposta para a referida barreira, que no fundo define a altura de fumo acumulável no espaço, permite um altura livre de fumo  $h_{LF} = 6,20 \text{ m}$  que garante a segurança das pessoas.



O *Cantão 1* apresenta uma área  $A_1 = 1294,90 \text{ m}^2$  resultante do produto das suas dimensões lineares (60,000 m x 21,582 m), com pé-direito mínimo  $h_{\min 1} = 10,20 \text{ m}$  e máximo de  $h_{\max 1} = 10,20 + 21,582 \times \left(\frac{1,84}{100}\right) = 10,60 \text{ m}$ . A sua altura de referência é:  $h_{R1} = 0,50 \times (h_{\min.} + h_{\max.}) = 0,50 \times (10,20 + 10,60) = 10,40 \text{ m}$ .

A altura da barreira de cantonamento ( $h_1$ ) é obtida tendo em conta a largura do cantão  $L_{\text{Cantão1}} = 21,582 \text{ m}$  e a inclinação da cobertura  $i = 1,84\%$  conforme se ilustra no esquema em baixo. A variável  $A$  (em metros) representa a altura de fumo média acumulável no cantão.



$$h_1 = 4 + 21,582 \times \left(\frac{1,84}{100}\right) = 4,40 \text{ m} ; A = \frac{4,00 + 4,40}{2} = 4,20 \text{ m} .$$

A altura de fumo considerada para efeito de cálculo da taxa de desenfumagem, designada por  $\alpha$  é o valor médio  $A = 4,20 \text{ m}$ . Este valor de  $\alpha$  representa a percentagem da área de um local ou cantão que deve ser preenchida, no mínimo, pela área útil de instalação formada por exdutores ou vãos de fachada. Como a altura de referência  $h_{R1} = 10,40 \text{ m}$  não é uma entrada directa na tabela, para a determinação da taxa de desenfumagem  $\alpha$ , foi feita uma interpolação entre a altura imediatamente inferior (10,00 m) e a altura imediatamente superior (10,50 m).

A sua obtenção é feita de acordo com as tabelas propostas no extracto da Regra R.17 da APSARD (Assemblée Plénière des Sociétés D'Assurance Contre L'incendie et les Risques Divers), relativa à concepção e à instalação de exdutores de fumo e de calor em edifícios industriais e comerciais.

De acordo com a natureza da actividade praticada, no presente caso Tipografia, obtém-se para a fábrica a classificação RC 3 (risco corrente 3) e para Armazém RMP B2 (risco muito perigoso B2) de acordo com o **Quadro 3.2**.

Com base na categoria de risco em cima obtida e recorrendo ao **Quadro 3.3** para RC 3 obtém-se o grupo de risco GR3 a considerar no cálculo da taxa de desenfumagem no **Quadro 3.4**.

Ou seja:

Tipografia	Fábrica	RC 3
	Armazém	RMP B2

De acordo com o **Quadro 3.4** e com as alturas de referência calculadas obtiveram-se os seguintes valores para a taxa de desenfumagem:

$$h_R = 10,00 \text{ m} \longrightarrow A = 4,00 \text{ m} \xrightarrow{GR3} \alpha = 0,86$$

$$h_R = 10,00 \text{ m} \longrightarrow A = 4,25 \text{ m} \xrightarrow{GR3} \alpha = 0,78$$

$$h_R = 10,50 \text{ m} \longrightarrow A = 4,00 \text{ m} \xrightarrow{GR3} \alpha = 0,97$$

$$h_R = 10,50 \text{ m} \longrightarrow A = 4,25 \text{ m} \xrightarrow{GR3} \alpha = 0,89.$$

Interpolando para a altura de 10,00 m e para  $A = 4,20 \text{ m}$  vem um  $\alpha = 0,80$  fazendo o mesmo para a altura de 10,50 m e para  $A = 4,20 \text{ m}$  vem um  $\alpha = 0,91$ , mas como a altura de referência é de 10,40 m fez-se nova interpolação, desta vez entre os dois últimos valores de  $\alpha$  obtidos, da qual se obteve os seguintes valores:

$$h_R = 10,00 \text{ m} \longrightarrow A = 4,20 \text{ m} \xrightarrow{GR3} \alpha = 0,80$$

$$h_R = 10,50 \text{ m} \longrightarrow A = 4,20 \text{ m} \xrightarrow{GR3} \alpha = 0,91$$

Assim a taxa de desenfumagem a considerar é  $\alpha_1 = 0,89$  para  $h_{R1} = 10,40 \text{ m}$  e  $A_1 = 4,20 \text{ m}$ .

A área útil da instalação para o *Cantão1* conhecida a taxa de desenfumagem  $\alpha_1$  é obtida pela expressão **3.12** que conduz a uma área  $A_{U1} = 0,01 \times 0,89 \times 1294,92 = 11,52 \text{ m}^2$ . Conhecida a área a

prever para a saída de fumo é possível obter o número de exutores que a totalizam. Foi determinado o número regular de exutores  $n_{E\text{regular}}$ , tendo em consideração que são instalados pelo menos 4 exutores de fumo por cada 1000 m<sup>2</sup> de área de cantão a proteger ou seja:

$$n_{E\text{regular1}} = \frac{A_{\text{cantão1}}}{250} = 0,004 \times A_{\text{cantão1}} = 0,004 \times 1294,92 \text{ m}^2 = 5,2 \Rightarrow 5 \text{ Exutores. } \text{ Conhecida a área útil}$$

$$\text{regular dos exutores } A_{UE\text{regular1}} = \frac{A_{U1}}{n_{E\text{regular1}}} = \frac{11,52 \text{ m}^2}{5} = 2,30 \text{ m}^2, \text{ escolheu-se um exutor cuja área útil}$$

seja aproximadamente igual à calculada. Optando por uma abertura de dimensões 1,80 m x 1,80 m com área geométrica  $A_{GE} = 3,24 \text{ m}^2$  e com coeficiente aerodinâmico de  $\lambda_E = 0,73$  vem uma área útil

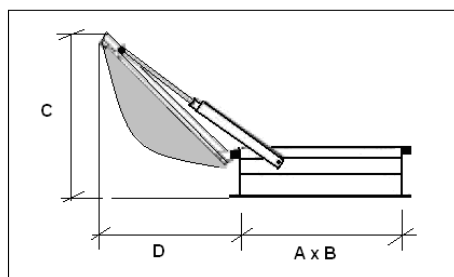
$$A_{UE1} = 3,24 \text{ m}^2 \times 0,73 = 2,37 \text{ m}^2 \text{ superior à calculada.}$$

A instalação dos exutores será feita ao nível da altura de referência pelo que se considerou que o factor de montagem  $\mu$  assume o valor igual à unidade.

O tipo de exutor previsto para este local, será de série comercial, é constituído por base prismática em chapa de aço galvanizada com altura de 0,30 m e com isolamento de betume de 15 mm de espessura.

A tampa de clarabóia do exutor é transparente de uma só aba, moldada em vidro armado com fibras sintéticas endurecidas (M0) com espessura de 20 mm, resistente às altas temperaturas do fumo, permitindo além da função de desenfumagem realizar iluminação natural do espaço. O sistema de accionamento da tampa do exutor é pneumático realizando a sua abertura um ângulo de 140°. O sistema de comando é constituído por um êmbolo pneumático, vulgarmente conhecido por macaco, que actua por acção num botão eléctrico. A distribuição do ar comprimido ou dióxido de carbono armazenado em botijas, que origina a manobra de abertura da tampa, é feito através de uma conduta. Neste tipo de sistema terá de ser prever o reenchimento automático dos respectivos depósitos de ar comprimido ou não esquecer a substituição das garrafas de dióxido de carbono no seu armário. O exutor e o respectivo comando estão em conformidade com as normas europeias NP e americanas NFPA.

Apresenta-se na **Figura 7.4** o modelo de exutor previsto. As características técnicas: dimensões, área geométrica, área útil e factor de construção para os diferentes exutores utilizados na desenfumagem da nave fabril e armazenamento encontram-se referidas no **Quadro 7.2**.



**Figura 7.4** – Modelo de exutor previsto.

**Quadro 7.2** – Características técnicas do exutor.

Tipo de Exutor	A x B [m x m]	A <sub>GE</sub> [m <sup>2</sup> ]	A <sub>UE</sub> [m <sup>2</sup> ]	$\lambda_E$	C [m]	D [m]
E100	1,00 x 1,00	1,00	0,740	0,74	0,94	0,95
E120	1,20 x 1,20	1,44	1,066	0,74	1,08	1,05
E140	1,40 x 1,40	1,96	1,431	0,73	1,16	1,25
E150	1,50 x 1,50	2,25	1,643	0,73	1,25	1,35
E160	1,60 x 1,60	2,56	1,869	0,73	1,34	1,39
E180	1,80 x 1,80	3,24	2,365	0,73	1,56	1,53
E200	2,00 x 2,00	4,00	2,920	0,73	1,61	1,70

O número mínimo de aberturas, ou seja, o número de exutores necessários para satisfazer a área de cálculo  $11,52 \text{ m}^2$  é:  $n_{E1} = \frac{A_{UI1}}{A_{UE1}} = \frac{11,52 \text{ m}^2}{2,37 \text{ m}^2} = 4,8 \Rightarrow 5 \text{ EXUTORES}$  ( $1,80 \text{ m} \times 1,80 \text{ m}$ ) o que leva a uma área útil instalada  $A_{UInstalada1} = n_{E1} \times A_{UE1} = 5 \times 2,37 \text{ m}^2 = 11,85 \text{ m}^2 \geq 11,52 \text{ m}^2$ .

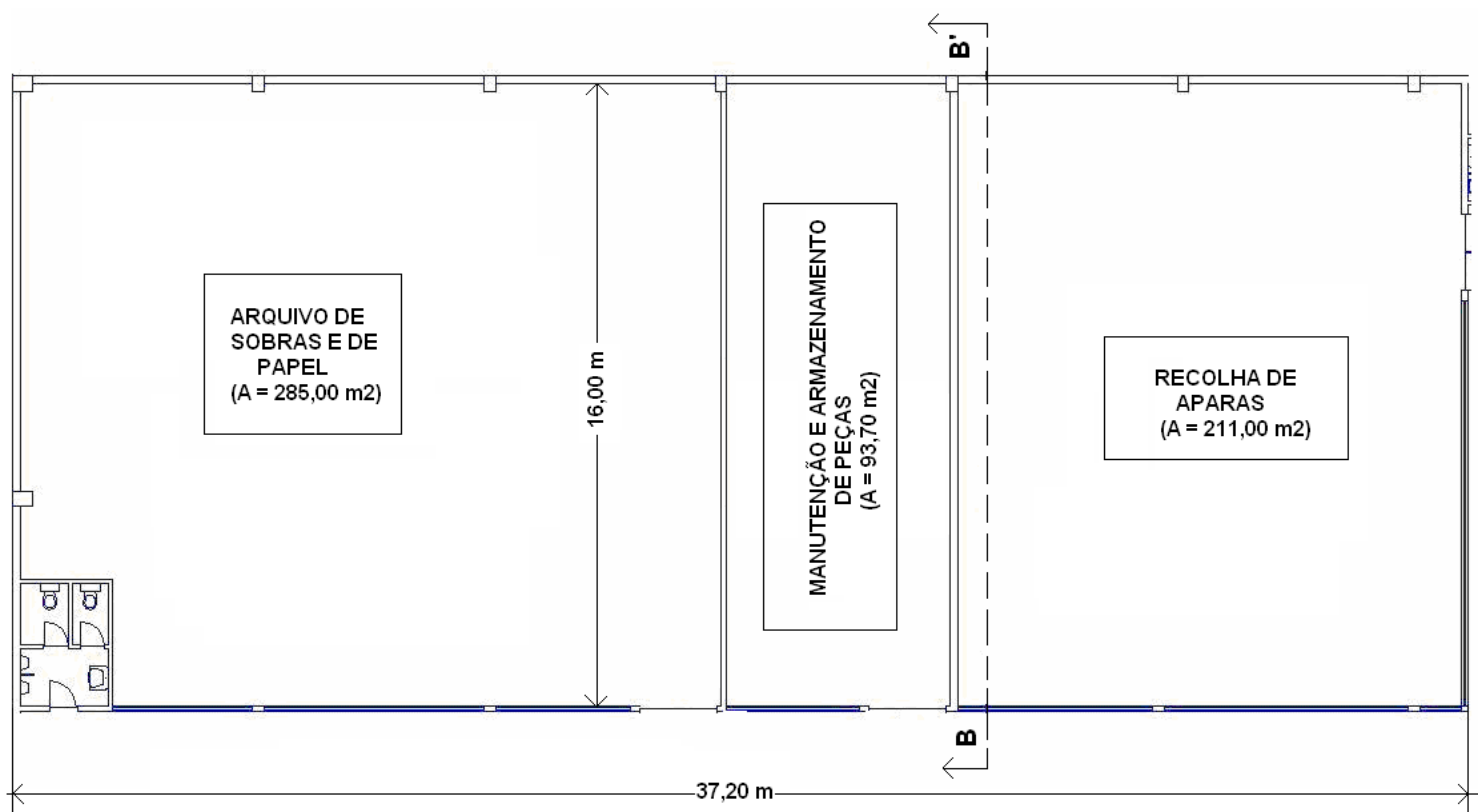
Os exutores são instalados à altura de referência  $10,40 \text{ m}$  uma vez que se considerou o coeficiente de montagem igual à unidade.

No **Quadro 7.3** apresentam-se os resultados obtidos para os restantes cantões previstos seguindo o mesmo tipo de cálculo.

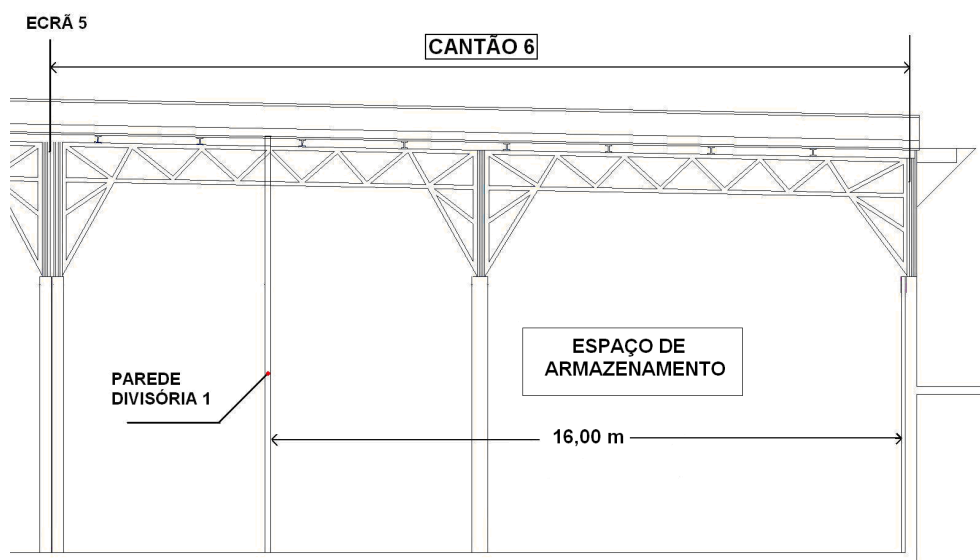
**Quadro 7.3** – Síntese dos resultados obtidos para os restantes cantões criados.

Cantão	Área do cantão [m <sup>2</sup> ]	h <sub>min.</sub> [m]	h <sub>max.</sub> [m]	h <sub>R</sub> [m]	h <sub>LF</sub> [m]	A [m]	α [%]	A <sub>UI</sub> [m <sup>2</sup> ]
Cantão 2	1304,52	10,60	11,00	10,80	6,20	4,60	0,84	10,96
Cantão 3	1304,52	11,00	11,40	11,20	6,20	5,00	0,81	10,57
Cantão 4	1304,52	11,00	11,40	11,20	6,20	5,00	0,81	10,57
Cantão 5	1304,52	10,60	11,00	10,80	6,20	4,60	0,84	10,96
Cantão 6	698,64	10,20	10,60	10,40	6,20	4,20	0,89	6,22

Na nave fabril existem três compartimentos, *arquivo de sobras e de papel, manutenção e armazenamento de peças e recolha de aparas das aberturas* (ver **Figura 7.5**) cujo cálculo das aberturas para saída de fumo foi considerada de forma independente, isto é, a sua área foi excluída quando do dimensionamento da área útil para evacuação de fumo do cantão em que se inserem, o *cantão 6*. Considerou-se para efeito de dimensionamento das respectivas áreas úteis das aberturas para saída de fumo, que existe separação física entre cada um dos compartimentos e o *cantão 6*, sendo esta estabelecida pela parede divisória 1. A **Figura 7.6** ilustra essa separação.



**Figura 7.5** – Planta dos compartimentos existentes na nave fabril destinados armazenamento. (Escala: 1/200)



**Figura 7.6** – Corte B – B', espaço destino armazenamento na nave fabril. (Escala:1/200).

O compartimento destinado à *recolha de aparas para reciclagem* apresenta uma área de 211,00 m<sup>2</sup> e um pé-direito variável entre o valor mínimo  $h_{\min.} = 10,20 \text{ m}$  e o valor máximo  $h_{\max.} = 10,40 \text{ m}$  ou seja, uma altura de referência  $h_R = 0,50 \times (h_{\min.} + h_{\max.}) = 0,50 \times (10,20 + 10,40) = 10,30 \text{ m}$ .

Recordando a classificação já referida, tendo em conta que a natureza das actividades se enquadra em Tipografia vem para a Fábrica (RC 3) e Armazém (RMP B2).

Relativamente ao compartimento *recolha de aparas* (risco muito perigoso RMP B2) e com base no **Quadro 3.3** há a possibilidade de escolha de três alturas de armazenamento: 3,00 m; 5,90 m ou 7,50 m. Optou-se pela altura de 5,90 m por se considerar que é uma altura de armazenamento razoável face aos 10,30 m de pé-direito de referência do local. Assim obtém-se um grupo de risco GR 4.

Isto significa que se altura de armazenamento é de 5,90 m a altura da zona livre de fumo  $h_{LF}$  será também de 5,90 m já que se deve manter as aparas armazenadas fora da zona enfumada. Evita-se assim que o fumo e gases quentes em caso de ocorrência de incêndio possam facilmente gerar a combustão deste material o que equivale a dizer que, a altura da zona enfumada  $h_F$  é a diferença destas duas últimas. Resultam então as seguintes alturas:

$$h_{LF} = 5,90 \text{ m}$$

$$h_R = 10,30 \text{ m}$$

$$h_F = h_R - h_{LF} = 10,30 \text{ m} - 5,90 \text{ m} = 4,40 \text{ m} = A.$$

A altura de referência  $h_R = 10,30 \text{ m}$  não é uma entrada directa na tabela para a determinação da taxa de desenfumagem  $\alpha$ , pelo que será feita uma interpolação entre a altura imediatamente inferior (10,00 m) e a altura imediatamente superior (10,50 m).

De acordo com o **Quadro 3.4**:

$$h_R = 10,00 \text{ m} \longrightarrow A = 4,25 \text{ m} \xrightarrow{GR4} \alpha = 1,11$$

$$h_R = 10,00 \text{ m} \longrightarrow A = 4,50 \text{ m} \xrightarrow{GR4} \alpha = 1,01$$

$$h_R = 10,50 \text{ m} \longrightarrow A = 4,25 \text{ m} \xrightarrow{GR4} \alpha = 1,25$$

$$h_R = 10,50 \text{ m} \longrightarrow A = 4,50 \text{ m} \xrightarrow{GR4} \alpha = 1,15$$

Interpolando para a altura de 10,00 m e para  $A = 4,40 \text{ m}$  vem um  $\alpha = 1,05$ , fazendo o mesmo para a altura de 10,50 m e para  $A = 4,40 \text{ m}$  vem um  $\alpha = 1,11$ , mas como a altura de referência é de 10,40 m faz-se nova interpolação desta vez entre os dois últimos valores de  $\alpha$  obtidos, então vem:

$$h_R = 10,00 \text{ m} \longrightarrow A = 4,40 \text{ m} \xrightarrow{GR4} \alpha = 1,05$$

$$h_R = 10,50 \text{ m} \longrightarrow A = 4,40 \text{ m} \xrightarrow{GR4} \alpha = 1,11$$

logo  $\alpha = 1,10$  para  $h_R = 10,30 \text{ m}$  e  $A = 4,40 \text{ m}^2$ .

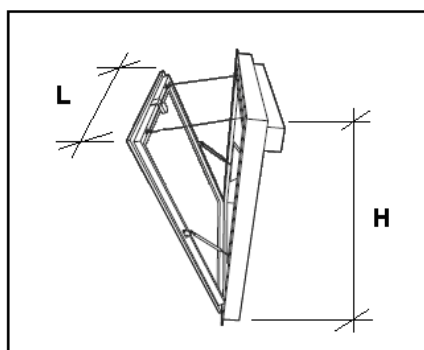
A área útil da instalação conhecida a taxa de desenfumagem  $\alpha$  é obtida pela expressão **3.12** o que origina uma área útil  $A_{UI} = 0,01 \times 1,10 \times 211,00 = 2,32 \text{ m}^2$ . Apresentam-se duas soluções diferentes para a desenfumagem deste espaço.

A primeira com recurso exclusivamente a vãos de fachada já que é possível, dada a existência de uma parede exterior. A segunda solução, recorrendo exclusivamente à instalação de exutores colocados na cobertura. Uma vez que a área do local é inferior a  $1600 \text{ m}^2$  e as suas dimensões são inferiores a  $60,0 \text{ m}$  considerou-se cada espaço como se de um cantão se tratasse.

Analisando a primeira solução optou-se pelo vão de fachada que se apresenta na **Figura 7.7**.

Este abre segundo um ângulo de  $60^\circ$  e é dotado para além da acção automática dos fusíveis térmicos de sistema de comando pneumático, de acordo com o que foi exposto em **3.8.2**.

As características técnicas apresentam-se no **Quadro 7.4**.



**Figura 7.7** – Vão de fachada.

**Quadro 7.4** – Características técnicas do vão de fachada.

Vão de fachada	L x H [mm x mm]	$A_{GV}$ [m <sup>2</sup> ]	$\lambda_v$
V500	500 x 500	0,25	0,65
V1000	1000 x 1000	1,00	0,65
V1200	1200 x 1200	1,44	0,65
V1400	1400 x 1400	1,96	0,65
V1600	1600 x 1600	2,56	0,65
V1800	1800 x 1800	3,24	0,65

Optando pelo modelo do vão de fachada V1000 com dimensões  $L \times H$  iguais a 1,00 m x 1,00 m, resulta uma área geométrica  $A_{GV} = 1,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m} = 1,00 \text{ m}^2$ , que multiplicada pelo coeficiente aerodinâmico  $\lambda_v = 0,65$  dá a área útil do vão de fachada  $A_{UV} = 1,00 \text{ m}^2 \times 0,65 = 0,65 \text{ m}^2$ . No

entanto como a montagem é feita abaixo da altura de referência o coeficiente de montagem obtido pela expressão 3.5 assume o valor de 0,34, para a altura de fumo  $h_f$  de 4,40 m e  $\Delta h$ , desnível de montagem do dispositivo relativamente à altura de referência em metros, igual a  $\Delta h = -\left(\frac{1,0}{2} + (4,40 - 1,0)\right) = -3,90 \text{ m}$ . A área útil do vão é então  $A_{UV} = 1,00 \text{ m}^2 \times 0,65 \times 0,34 = 0,22 \text{ m}^2$ .

O número de vãos de dimensões de 1,00 m x 1,00 m a instalar é obtido pela divisão da área útil necessária à desenfumagem, pela área útil de cada abertura, ou seja:

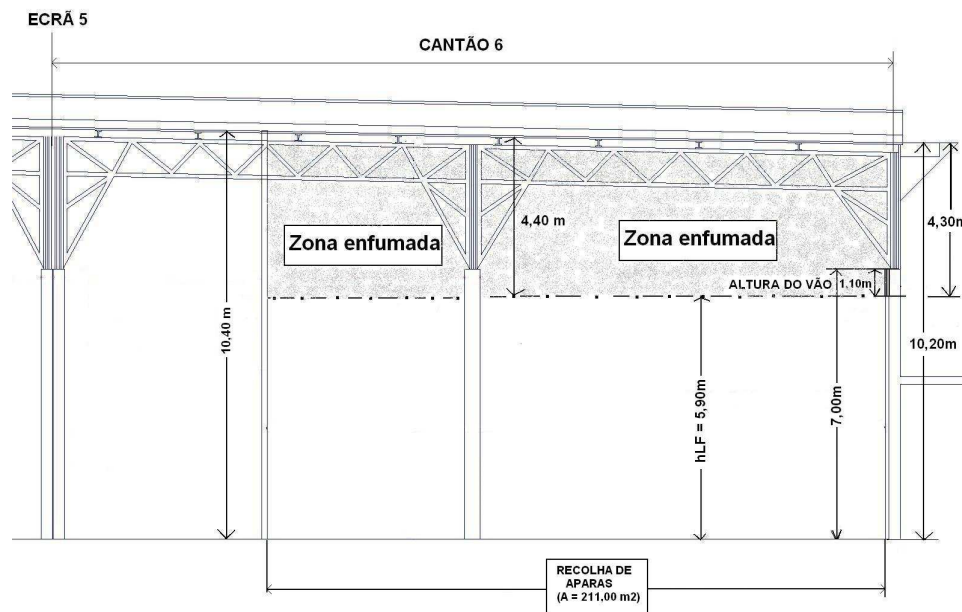
$$n_{\text{vãos}} = \frac{2,32 \text{ m}^2}{0,22 \text{ m}^2} = 10,5 \Rightarrow 11 \text{ Vãos } (1,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m}) \text{ garantindo assim uma área útil instalada}$$

$$A_{U\text{Instalado}} = 11 \text{ vãos} \times 0,22 \text{ m}^2 = 2,42 \text{ m}^2 \geq 2,32 \text{ m}^2.$$

Esta solução que recorre exclusivamente ao uso de vãos de fachada para evacuação de fumo é possível, no entanto revela-se pouco agradável esteticamente. Estas aberturas devem localizar-se totalmente na zona enfumada para que a extracção de fumo possa ser eficaz. Ora isto limita a escolha ao modelo V1000 (ver **Figura 7.8**) já que apenas se dispõe de 1,10 m na fachada. Para uma altura superior alcança-se a estrutura metálica, na qual não se pode instalar tal abertura. Além do mais seriam necessárias 11 aberturas V1000 para obter a área útil necessária à desenfumagem.

A área geométrica de cada vão  $A_{GV}$  é afectada pelo factor aerodinâmico  $\lambda_v = 0,65$  e ainda pelo coeficiente de montagem  $\mu_v = 0,34$ , inferior à unidade por ser uma montagem sub elevada (abaixo da altura de referência), reduzindo estes dois coeficientes a área geométrica de cada abertura de 1,00 m<sup>2</sup> para 0,22 m<sup>2</sup>. Significa isto que se desaproveita para efeitos de desenfumagem 78% da sua área.





**Figura 7.8** – Cálculo da área útil das aberturas para saída de fumo (escala: 1/200).

A segunda solução estudada foi a realização da extracção de fumo pela cobertura através da montagem de exdutores colocado ao nível da altura de referência.

Para a taxa de desenfumagem  $\alpha = 1,10$ , altura de referência  $h_R = 10,30 \text{ m}$  e altura média de fumo  $A = 4,40 \text{ m}$ , a área útil da instalação obtida é  $A_{UI} = 0,01 \times 1,10 \times 211,00 = 2,32 \text{ m}^2$ . Conhecida a área a prever para a saída de fumo é possível obter os exdutores que totalizam esta área.

Determina-se o número regular de exdutores  $n_{regular}$  para ter em consideração que sejam instalados pelo menos 4 exdutores de fumo por cada  $1000 \text{ m}^2$  de área de cantão a proteger,

$$n_{regular} = \frac{A_{cantão}}{250} = 0,004 \times A_{cantão} = 0,004 \times 211,00 \text{ m}^2 = 0,84 \Rightarrow 1 \text{ Exutor}.$$

$$\text{exdutores } A_{UE regular} = \frac{A_{UI}}{n E_{regular}} = \frac{2,32 \text{ m}^2}{1} = 2,32 \text{ m}^2 \text{ escolhe-se um exutor cuja área útil seja}$$

aproximadamente igual a  $2,32 \text{ m}^2$ . Optando por um exutor de dimensões  $1,80 \text{ m} \times 1,80 \text{ m}$ , com área geométrica  $A_{GE} = 3,24 \text{ m}^2$  e com coeficiente aerodinâmico de  $\lambda_E = 0,73$ , logo com área útil

$$A_{UE} = 3,24 \text{ m}^2 \times 0,73 = 2,36 \text{ m}^2.$$

Uma vez que se prevê a instalação dos exdutores ao nível da altura de referência considera-se que o factor de montagem  $\mu_E = 1$ . O número mínimo de aberturas, ou seja, o número de exdutores que iguala ou perfaz a área de  $2,32 \text{ m}^2$  é

$$n_E = \frac{A_{UI}}{A_{UE}} = \frac{2,32m^2}{2,36m^2} = 0,9 \Rightarrow 1 \text{ EXUTOR (1,80 m} \times \text{1,80 m) originando uma área útil instalada}$$

$$A_{UI \text{ instalada}} = n_E \times A_{UE} = 1 \times 2,36 \text{ m}^2 = 2,36 \text{ m}^2 \geq 2,32 \text{ m}^2.$$

Esta solução torna-se além de menos dispendiosa esteticamente mais agradável. A instalação de um exutor de dimensões 1,80 m x 1,80 m ao nível da altura de referência é suficiente, permitindo contribuir sensivelmente com a mesma área útil de abertura para a evacuação de fumo que os 11 vãos de fachada de 1,00 m x 1,00 m que teriam de ser instalados.

Assim propõe-se esta última solução para desenfumagem deste tipo de espaço. O exutor previsto apresenta as características técnicas referidas no **Quadro 7.2** anteriormente apresentado.

Os resultados para os compartimentos *manutenção/ armazém de peças e arquivo e sobras de papel* são apresentados no **Quadro 7.5**.

**Quadro 7.5** – Síntese dos resultados obtidos para os restantes compartimentos na nave fabril destinados armazenamento: Manutenção/Armazenamento de peças e Arquivo de sobras de papel.

Compartimento	Área do Cantão [m <sup>2</sup> ]	h <sub>min.</sub> [m]	h <sub>max.</sub> [m]	h <sub>R</sub> [m]	h <sub>LF</sub> [m]	A [m]	α [%]	A <sub>UI</sub> [m <sup>2</sup> ]
Manutenção /armazenamento de peças	93,70	10,20	10,40	10,30	5,90	4,40	1,10	1,03
Arquivo de sobras de papel	211,00	10,20	10,40	10,30	5,90	4,40	1,10	3,14

O **Quadro 7.6** resume as soluções obtidas para saída de fumo para todos os cantões propostos e espaços existentes na nave fabril destinados armazenamento.

**Quadro 7.6** – Soluções adoptadas para a evacuação de fumo na nave fabril.

Local	Solução [L (m) x H (m)]	Montagem
Cantão 1	5 Exutores (1,80 x 1,80)	Ao nível da altura de referência *
Cantão 2	5 Exutores (1,80 x 1,80)	Ao nível da altura de referência*
Cantão 3	5 Exutores (1,80 x 1,80)	Ao nível da altura de referência*
Cantão 4	5 Exutores (1,80 x 1,80)	Ao nível da altura de referência*
Cantão 5	5 Exutores (1,80 x 1,80)	Ao nível da altura de referência*
Cantão 6	3 Exutores (1,80 x 1,80)	Ao nível da altura de referência*
Recolha de aparas para Reciclagem	1 Exutor (1,80 x 1,80)	Ao nível da altura de referência*
Manutenção/Armazenamento de peças	1 Exutor (1,40 x 1,40)	Ao nível da altura de referência*
Arquivo de sobras e de papel	2 Exutores (1,50 x 1,50)	Ao nível da altura de referência*

\* Ver **Figura 7.3 b)** página 95.

#### 7.3.1.3. Entradas de ar

Para um correcto funcionamento do sistema de controlo de fumo, pelo método apresentado além de saídas previstas para a evacuação, torna-se necessário dimensionar aberturas destinadas à admissão de ar fresco.

Estas aberturas devem respeitar as exigências previstas no projecto de RG – SCIE que lhe são aplicáveis, as quais são enunciadas em **3.2**.

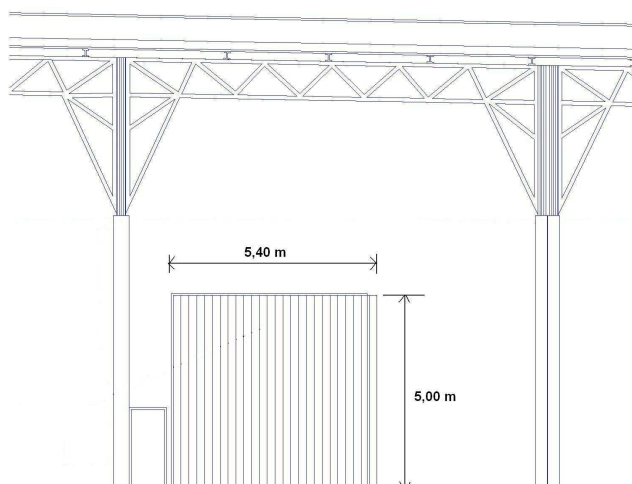
O projecto de RG – SCIE aconselha que o somatório das áreas livres das aberturas para admissão de ar deve situar-se entre a metade e a totalidade do somatório das áreas livres das aberturas para evacuação de fumo.

A área destinada à entrada de ar deverá corresponder a 60% da área obtida para a saída de fumo  $A_{ar} = 0,60 \times A_{U\text{Instalada}}$  [1]. As áreas necessárias das aberturas para as entradas de ar são as seguintes:

$$\text{Cantão 1 a 5} - A_{ar1a5} = 0,60 \times 11,85 \text{ m}^2 = 7,11 \text{ m}^2$$

$$\text{Cantão 6} - A_{ar6} = 0,60 \times 7,11 \text{ m}^2 = 4,23 \text{ m}^2$$

O que totaliza uma área de aberturas para a entrada de ar igual a 39,78 m<sup>2</sup>. Existindo a porta metálica de dimensões (5,00 m x 5,40 m) e com 27,00 m<sup>2</sup> de área, de acesso na nave fabril esta pode ser considerada com toda a sua área para a entrada de ar, uma vez que em caso de incêndio se prevê que esta estará aberta para eventual intervenção dos bombeiros no local (ver **Figura 7.9**).



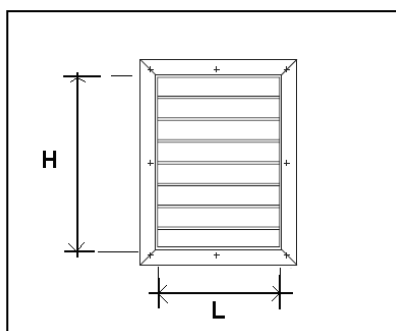
**Figura 7.9** – Porta metálica existente na nave fabril (escala 1/200).

Para o *cantão 4*, onde se localiza a porta metálica, e para os cantões vizinhos, (*cantão 3* e *cantão 5*), considera-se que a entrada de ar pode ser conseguida pela porta metálica, dada a sua relativa proximidade. A área útil necessária para estes três cantões é de  $21,33 \text{ m}^2$  e uma vez que a porta metálica (que se considera que está aberta em caso de incêndio) apresenta uma área de  $27,00 \text{ m}^2$  é suficiente para satisfazer as necessidades de ar fresco.

Já para os cantões mais afastados, *cantão 1,2* e *6* foram dimensionadas grelhas metálicas de protecção das aberturas que cumprem a área necessária para a entrada de ar nestes espaços, e cuja abertura se processa apenas no cantão ou cantões sinistrados.

Estas grelhas metálicas previstas para a entrada de ar em caso de incêndio são accionadas automaticamente através de disparo de uma mola dotada de fusível térmico a  $70^\circ\text{C}$ , e com reposição manual após abertura (**Figura 7.10**). São fabricadas em alumínio anodizado à cor natural e dotadas de um aro em aço galvanizado para fixação à parede.

As suas características técnicas são apresentadas no **Quadro 7.7**.



**Figura 7.10** – Grelha metálica.

**Quadro 7.7** – Características técnicas da grelha metálica.

Modelo	L [mm]	H [mm]	Área geométrica [m <sup>2</sup> ]	$\lambda_E$	Área útil [m <sup>2</sup> ]
G <sub>1</sub>	500	500	0,250	0,75	0,188
G <sub>2</sub>	750	750	0,563	0,75	0,422
G <sub>3</sub>	850	850	0,723	0,75	0,542
G <sub>4</sub>	1000	1000	1,000	0,75	0,750
G <sub>5</sub>	1100	1100	1,210	0,75	0,908
G <sub>6</sub>	1200	1200	1,440	0,75	1,080
G <sub>7</sub>	1300	1300	1,690	0,75	1,268
G <sub>8</sub>	1400	1400	1,960	0,75	1,470
G <sub>9</sub>	1500	1500	2,250	0,75	1,688

De acordo com o catálogo consultado poderiam ser realizadas outras dimensões diferentes das referidas.

O número de grelhas  $n_G$  a prever para os *cantões 1, 2 e 6* é:

$$n_{G1} = n_{G2} = \frac{7,11m^2}{1,47m^2} = 4,8 \Rightarrow 5 \text{ GRELHAS } (1,40 \text{ m} \times 1,40 \text{ m})$$

$$n_{G6} = \frac{4,23m^2}{1,47m^2} = 2,9 \Rightarrow 3 \text{ GRELHAS } (1,40 \text{ m} \times 1,40 \text{ m})$$

o que resulta para o *cantão 1 e 2* numa área útil instalada de  $7,35 \text{ m}^2 \geq 7,11 \text{ m}^2$  e para o *cantão 6*  $4,41 \text{ m}^2 \geq 4,23 \text{ m}^2$ .

O dimensionamento das entradas de ar foi feito para cada cantão individualmente, sendo discutível se não se poderia considerar a mesma admissão para os diferentes cantões, a qual seria conseguida exclusivamente pela porta metálica.

Relativamente aos locais destinados à *recolha de aparas, manutenção/armazenamento de peças e arquivo de sobras e de papel*, as áreas necessárias para a entrada de ar obtidas da mesma forma, e foram as seguintes:

$$A_{ar \text{ (Recolha de Aparas)}} = 0,60 \times 2,36 \text{ m}^2 = 1,42 \text{ m}^2$$

$$A_{ar \text{ (Manutenção / Armazenamento)}} = 0,60 \times 1,43 \text{ m}^2 = 0,86 \text{ m}^2$$

$$A_{ar \text{ (Arquivo de Sobras)}} = 0,60 \times 3,28 \text{ m}^2 = 1,97 \text{ m}^2$$

A instalação destas aberturas dotadas de grelhas de ventilação será feita na parede exterior e o número de grelhas a prever para cada compartimento é o seguinte:

$$n_{G(\text{Recolha})} = \frac{1,42m^2}{0,75m^2} = 1,9 \Rightarrow 2 \text{ GRELHAS } (1,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m})$$

$$n_{G(\text{Manutenção})} = \frac{0,86m^2}{0,75m^2} = 1,1 \Rightarrow 2 \text{ GRELHAS } (1,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m})$$

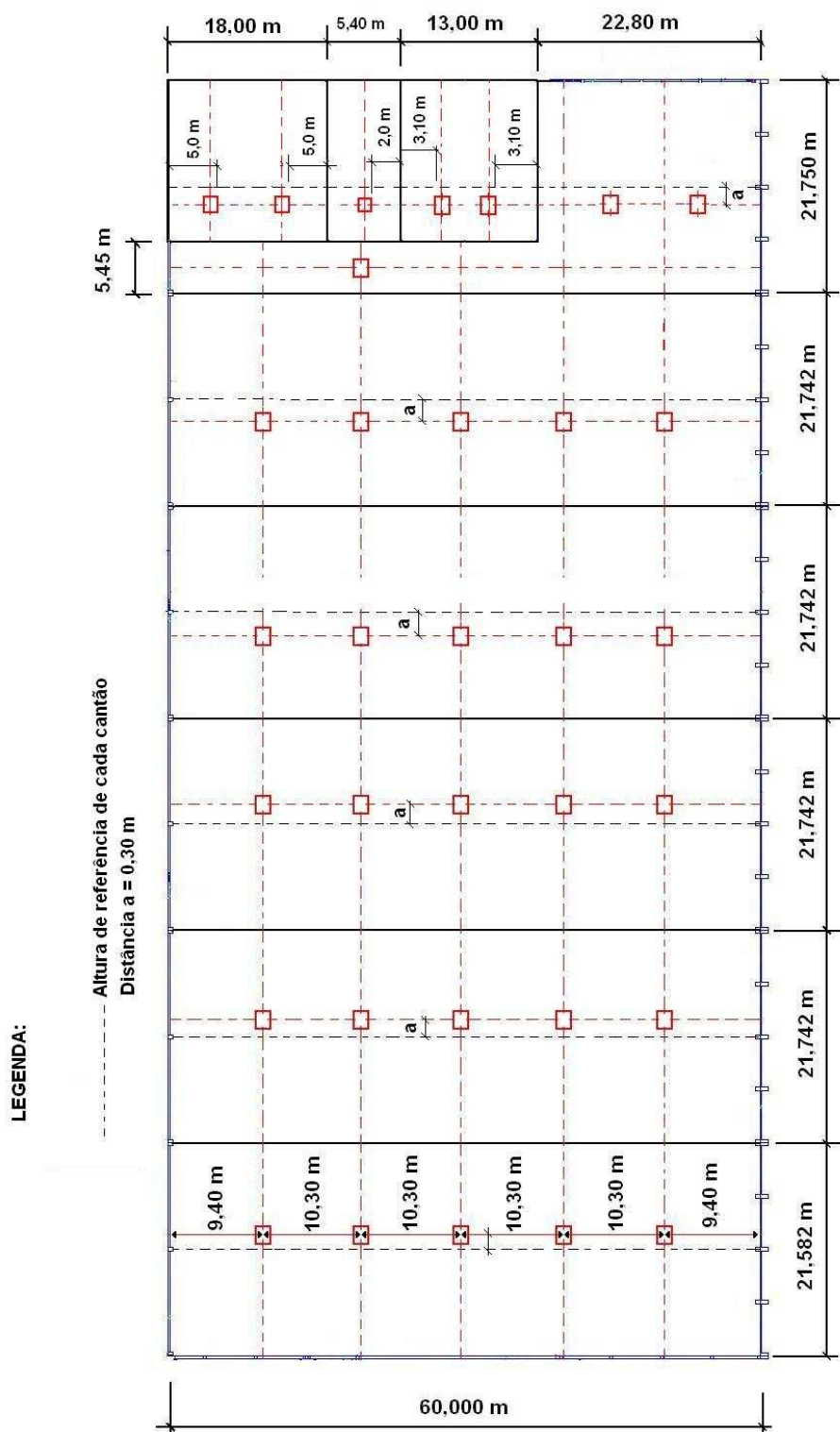
$$n_{G(\text{Arquivo})} = \frac{1,97m^2}{1,08m^2} = 1,8 \Rightarrow 2 \text{ GRELHAS } (1,20 \text{ m} \times 1,20 \text{ m})$$

o que resulta para a espaço *recolha de aparas* numa área útil instalada de  $1,50 \text{ m}^2 \geq 1,39 \text{ m}^2$ , para a *manutenção/armazenamento de peças*  $1,50 \text{ m}^2 \geq 0,86 \text{ m}^2$  e para o *arquivo de papel e sobras*  $2,16 \text{ m}^2 \geq 1,97 \text{ m}^2$ .

O **Quadro 7.8** seguinte ilustra as soluções adoptadas para as entradas de ar na nave fabril.

**Quadro 7.8** - Soluções para as entradas de ar na nave fabril.

Local	Solução [L (m) x H(m)]	Montagem
Cantão 1	5 Grelhas (1,40 x 1,40)	Parte superior até uma altura de 1,00 m do pavimento
Cantão 2	5 Grelhas (1,40 x 1,40)	Parte superior até uma altura de 1,00 m do pavimento
Cantão 3	Porta metálica prevista	-
Cantão 4	Porta metálica prevista	-
Cantão 5	Porta metálica prevista	-
Cantão 6	3 Grelhas (1,40 x 1,40)	Parte superior até uma altura de 1,00 m do pavimento
Recolha de aparas para reciclagem	2 Grelhas (1,00 x 1,00)	Parte superior até uma altura de 1,00 m do pavimento
Manutenção/armazenamento de peças	2 Grelhas (1,00 x 1,00)	Parte superior até uma altura de 1,00 m do pavimento
Arquivo de sobras e de papel	2 Grelhas (1,20 x 1,20)	Parte superior até uma altura de 1,00 m do pavimento



**Figura 7.3 b) – Exutores propostos para a nave fabril, recolha de aparas, manutenção/armazenamento de peças e arquivo de sobras e papel.**

### 7.3.2. SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS E SOCIAIS

#### 7.3.2.1. Dimensionamento das aberturas para a saída de fumo

Este edifício constituído por três pisos acima do solo apresenta conforme se referiu diferentes espaços de apoio à unidade fabril.

O método de controlo de fumo adoptado para estes espaços continua a ser o varrimento passivo através do dimensionamento de aberturas para entrada de ar e saída de fumo, tal como foi feito para a nave fabril.

O dimensionamento de cada um dos espaços é feito de forma separada já que são locais fisicamente independentes, ou seja, não permitem a propagação do fumo aos compartimentos adjacentes, em caso de ocorrência de incêndio.

Apresenta-se o dimensionamento para cada um dos espaços do R/C.

Para compartimento *matérias-primas inflamáveis* de área 193,00 m<sup>2</sup>, as aberturas para a entrada de ar fresco e saída de fumo serão realizadas na parede exterior. Obviamente que a colocação das entradas de ar e saídas de fumo em paredes opostas permitiria gerar um varrimento mais eficaz de toda a massa de ar do local. As entradas de ar poderiam localizar-se na parede que divide este compartimento da nave fabril, no entanto, optou-se por colocá-las na parede oposta já que em caso de ocorrência de incêndio neste compartimento e na nave poderia introduzir-se fumo já que a captura de ar se fazia num espaço enfumado.

As saídas de fumo são previstas através de vãos de fachada na medida em que a cobertura deste compartimento não é exterior, impossibilitando o recurso a exdutores de fumo.

Este espaço apresenta uma altura constante o que significa que  $h_{\min.} = h_{\max.} = h_R = 4,00 \text{ m}$ .

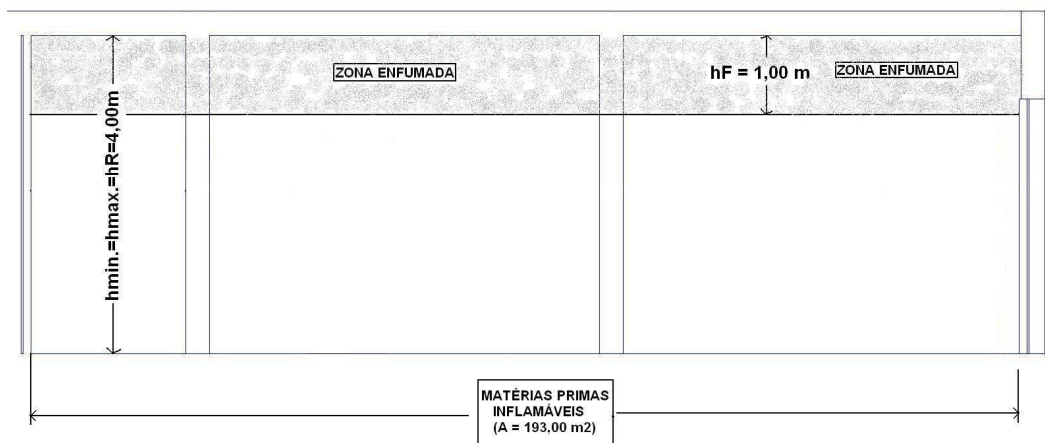
De acordo com a classificação para este local, risco muito perigoso B2 (RMP B2) e de acordo com o **Quadro 3.3** face às três de altura de armazenamento possíveis: 3,00 m; 5,90 m ou 7,50 m dada a altura de referência de 4,00 m apenas se poderá optar pelos 3,00 m o que implica grau de risco GR3. Ora isto significa que se terá 3,00 m de altura livre de fumo já que se deve manter as matérias-primas inflamáveis fora da zona enfumada para evitar que em caso de incêndio se dê a sua ignição.

Assim obtém-se:

$$h_R = 4,00 \text{ m}; h_{LF} = 3,00 \text{ m}; h_F = h_R - h_{LF} = 4,00 \text{ m} - 3,00 \text{ m} = 1,00 \text{ m}.$$

A **Figura 7.11** seguinte ilustra a altura de referência  $h_R$  do local e a espessura de fumo acumulável  $h_F$  em caso de incêndio.

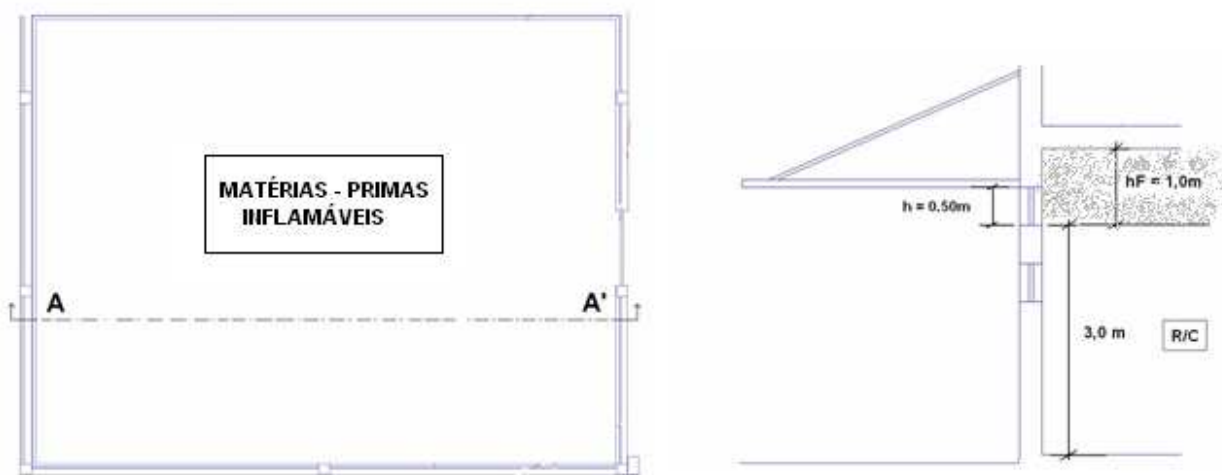




**Figura 7.11** – Espessura de fumo acumulável em função da altura de referência do local Matérias – primas Inflamáveis (Escala 1/100).

De acordo com o **Quadro 3.4** a taxa de desenfumagem  $\alpha$  é obtida directamente  $h_R = 4,00 \text{ m} \longrightarrow A = 1,00 \text{ m} \xrightarrow{GR3} \alpha = 0,61$ . A área útil das aberturas para desenfumagem conhecida a taxa de desenfumagem e a área do local é obtida pela expressão **3.12**,  $A_{UI} = 0,01 \times 0,61 \times 193,00 \text{ m}^2 = 1,18 \text{ m}^2$ .

Através do corte A-A' fornecido no projecto de arquitectura (**Figura 7.12**) constata-se a existência de janelas de altura igual a 0,50 m as quais foram aproveitadas para efeitos de desenfumagem. Fixando esta dimensão de 0,50 m e tendo em conta a área necessária (1,18 m<sup>2</sup>) obteve-se a outra dimensão para a janela.

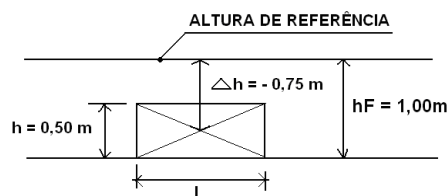


**Figura 7.12** – Planta matérias -primas inflamáveis e Corte A-A' (à direita) ambos à escala: 1/100.

Prevendo vãos de fachada para as aberturas de saída de fumo com altura igual a 0,50 m e de largura  $L$ , a sua área geométrica é  $A_{GV} = 0,50 \times L$ , que afectada do coeficiente aerodinâmico  $\lambda_E = 0,65$  conduz a uma área útil do vão de fachada igual a  $A_{UV} = (0,50 \times L) \times 0,65 = 0,325 \times L$ .

No entanto como a instalação é feita abaixo da altura de referência a área anterior terá de ser afectada do coeficiente de montagem  $\mu_v$ , inferior à unidade, por se tratar de uma montagem sub elevada.

O desnível  $\Delta h$  assume valor negativo por ser uma montagem abaixo da altura de referência do local, conforme se ilustra em baixo.



Assim resulta um coeficiente de montagem  $\mu_v = \sqrt{1 + \frac{(-0,75)}{1,00}} = 0,50$  que multiplicado pela área útil

anterior origina  $A_{UV} = (0,325 \times L) \times 0,50 = 0,163 \times L$ . Uma vez que a área útil a totalizar para as aberturas de saída de fumo é de  $1,18 \text{ m}^2$  poderá obter-se a dimensão  $L$  da abertura que permite obter tal área, ou seja:  $1,18 \text{ m}^2 = 0,163 \text{ m} \times L \Rightarrow L = 7,24 \text{ m}$ .

Prevendo 5 aberturas a dimensão  $L$  de cada corresponde a largura  $L = \frac{7,24 \text{ m}}{5 \text{ aberturas}} = 1,45 \text{ m} \Rightarrow L = 1,50 \text{ m}$ .

São previstas aberturas de dimensões ( $L = 1,50 \text{ m} \times H = 0,50 \text{ m}$ ) cuja área útil de cada uma corresponde a  $A_{UV} = (0,325 \times 1,50) \times 0,50 = 0,24 \text{ m}^2$ .

O número de aberturas a instalar será igual a  $n = \frac{1,18m^2}{0,24m^2} = 4,9 \Rightarrow 5$  Vãos (1,50 m x 0,50 m) o que totaliza uma área útil instalada de  $5 \times 0,24 m^2 = 1,20 m^2 \geq 1,18 m^2$ .

Para as restantes áreas contidas neste piso: *arquivo de chapas*, *montagem/transporte* e *arquivo fotolitos* o processo de dimensionamento foi o mesmo e os resultados são apresentados no **Quadro 7.9** seguinte.

**Quadro 7.9** - Soluções para saída de fumo nos espaços arquivo de chapas, montagem/transporte e arquivo fotolitos.

Local	Área [m <sup>2</sup> ]	h <sub>R</sub> [m]	Altura Armazenamento [m]	h <sub>LF</sub> [m]	A [m]	Risco	α [%]	A <sub>UI</sub> [m <sup>2</sup> ]	Solução [L x H] [m x m]	A <sub>UI</sub> instalada [m <sup>2</sup> ]
Arquivo de chapas	216	4,0	3,0	3,0	1,0	RMP B2 (GR3)	0,61	1,32	6 Vãos (1,40 x 0,50)	1,38
Montagem/ Transporte	317	4,0	3,0	3,0	1,0	RMP B2 (GR3)	0,61	1,93	10 Vãos (1,20 x 0,50)	2,00
Arquivo Fotolitos	98	4,0	3,0	3,0	1,0	RMP B2 (GR3)	0,61	0,60	4 Vãos (1,00 x 0,50)	0,64

Relativamente às aberturas para a saída de fumo a prever no compartimento *Vestiário (mulher)* e *W.C. (mulher)* com 32,76 m<sup>2</sup> de área total, são também realizadas através de vãos de fachada.

Como estes compartimentos são interiores, não dispendo de contacto com paredes exteriores, obriga ao dimensionamento e instalação de condutas que conduzam o fumo para o exterior.

Considerou-se a área total para efeitos de dimensionamento das aberturas, já que não existe separação física dos dois locais e por conseguinte o fumo propagar-se entre eles.

Por ser um espaço destinado a receber público e com área inferior a 1000 m<sup>2</sup> a obtenção da área útil é de acordo com a expressão **3.21** que origina uma área útil  $A_{UI} = \min \left\{ 0,16 m^2; 0,04 m^2 \right\} = 0,04 m^2$ .

A área geométrica da boca de extracção de fumo será igual a  $A_{Gb} = L_b \times h_b$  que afectada do seu factor de construção  $\lambda_b = 0,65$  e do coeficiente de montagem  $\mu_b = 0,35$  dá uma área útil  $A_{Ub} = \lambda_b \times \mu_b \times A_{Gb}$ . Uma vez que a área útil necessária para a boca de extracção de fumo é de 0,04 m<sup>2</sup>, prevendo uma boca

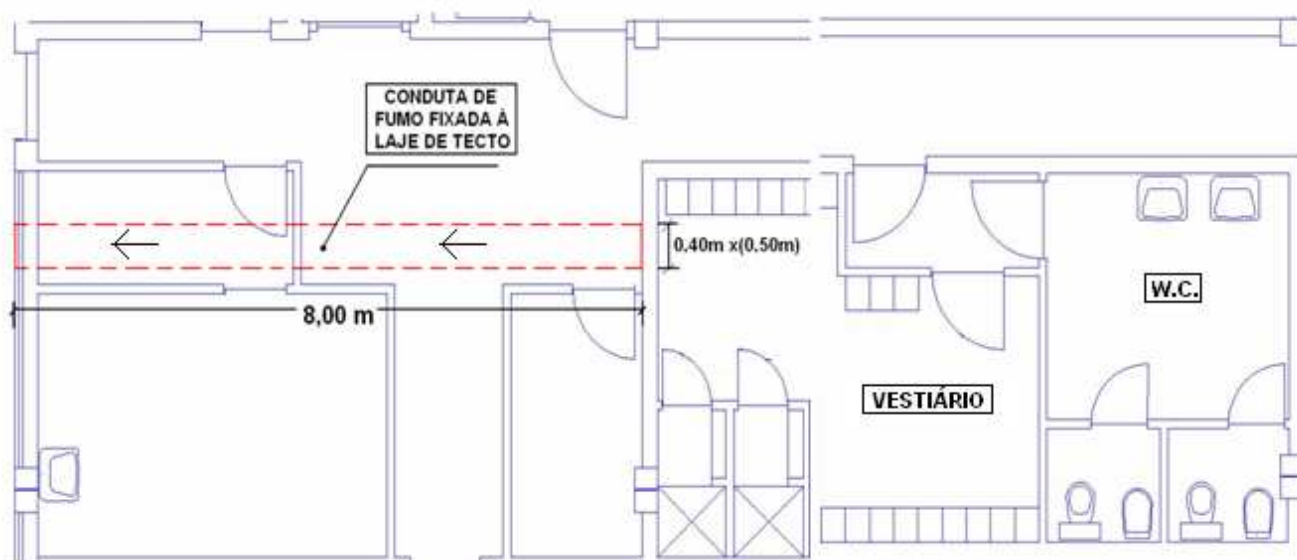
de secção rectangular tendo em consideração que a sua área geométrica  $A_{Gb}$ , tem de ser superior a  $0,20 \text{ m}^2$  e a relação entre as suas dimensões transversais não pode ser superior a dois vem que:

$$A_{Ub} = \lambda_b \times \mu_b \times A_{Gb} \Rightarrow 0,04 \text{ m}^2 = 0,65 \times 0,35 \times A_{Gb} \Rightarrow A_{Gb} = 0,18 \text{ m}^2 \Rightarrow 0,20 \text{ m}^2 (\text{mínimo}).$$

Fixando a altura da boca de extracção  $h_b = 0,50 \text{ m}$  obtém-se a largura necessária para perfazer os  $0,20 \text{ m}^2$ , ou seja,  $0,20 \text{ m}^2 = L_b \times 0,50 \text{ m} \Rightarrow L_b = 0,40 \text{ m}$ , o que também verifica a segunda condição acima descrita, na medida em que  $0,50 \text{ m} \leq 2 \times 0,40 \text{ m}$  e  $0,40 \text{ m} \leq 2 \times 0,50 \text{ m}$ .

A boca a prever terá as dimensões (0,50 m x 0,40 m) e será instalada na fachada do edifício. Será ligada a uma conduta com a mesma secção transversal que conduz o fumo eventualmente gerado neste compartimento para o exterior.

A **Figura 7.13** ilustra a sua colocação.



**Figura 7.13** – Localização em planta da conduta de extracção de fumo do espaço Vestiário (mulher) e W.C. (mulher) no Rés-do-Chão (Escala: 1/100).

A boca de extracção de fumo disposta no interior do edifício deve permanecer normalmente fechada por um obturador. O obturador que garante o fecho, isto é, que impedem a passagem de ar, deve ser constituído por material de classe A1 e apresentar uma resistência EI. Este obturador deve ser dotado de um fusível térmico actuante à volta dos  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ , que permita que quando seja atingida esta temperatura o obturador se abra e permita a saída de fumo.

A conduta de extracção de fumo tem um comprimento de 8,00 m e deve ser constituída por material incombustível A1 (classe M0) e apresentar uma resistência ao fogo igual à requerida para paredes ou pavimentos que atravessa, mas não inferior a EI 15. Esta conduta é fixada junto à laje de tecto conforme **Figura 7.13**.

A conduta deverá ser realizada em chapa de aço galvanizado com paredes lisas, assegurando assim uma desenfumagem eficaz. A soldadura deve ser feita de forma conveniente de forma a evitar que ocorram fugas de fumo através de fendas ou juntas mal realizadas.

O **Quadro 7.10** traduz as soluções adoptadas para a saída de fumo nos compartimentos *átrio/recepção*, *gabinete médico*, *vestiário (homem)* / *w.c. (homem)*, *sala de atendimento* e *sala de controlo*.

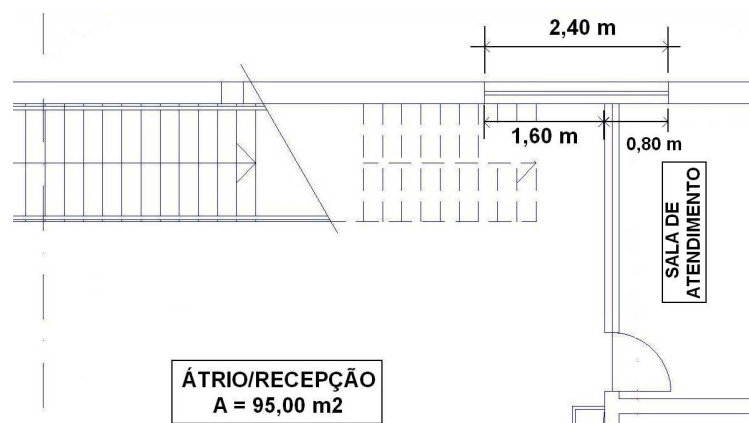
**Quadro 7.10** – Soluções para saída de fumo nos locais *átrio/recepção*, *gabinete médico*, *vestiário (mulher)* / *w.c. (mulher)*, *sala de atendimento* e *sala de controlo*.

Local	Área [m <sup>2</sup> ]	h <sub>R</sub> [m]	h <sub>LF</sub> [m]	A [m]	Classe [1, 2 ou 3]	α [%]	A <sub>UI</sub> [m <sup>2</sup> ]	Solução [L x H] [m x m]	A <sub>U</sub> instalada [m <sup>2</sup> ]
Vestiário (homem) e W.C. (homem)	109,20	4,00	2,00	2,00	1	0,12	0,13	1 Vão (1,20 x 0,50)	0,14
Átrio/ Recepção	95,00	3,20	2,00	1,20	1	0,16	0,15	1 Vão (1,60 x 0,50)	0,18
Gabinete Médico	13,20	3,20	2,00	1,20	1	0,16	0,02	1 Vão (0,50 x 0,50)	0,16
Sala Atendimento	12,00	3,20	2,00	1,20	1	0,16	0,02	1 Vão (0,80 x 0,50)	0,09
Sala de Controlo	23,24	3,20	2,00	1,20	1	0,16	0,04	1 Vão (0,50 x 0,50)	0,06

No compartimento *átrio/recepção* a existência de uma janela de largura de 2,40 m foi aproveitada para desenfumagem do espaço. No entanto apenas se considerou 1,60 m já que a restante largura da janela 0,80 m se desenvolve no compartimento adjacente.

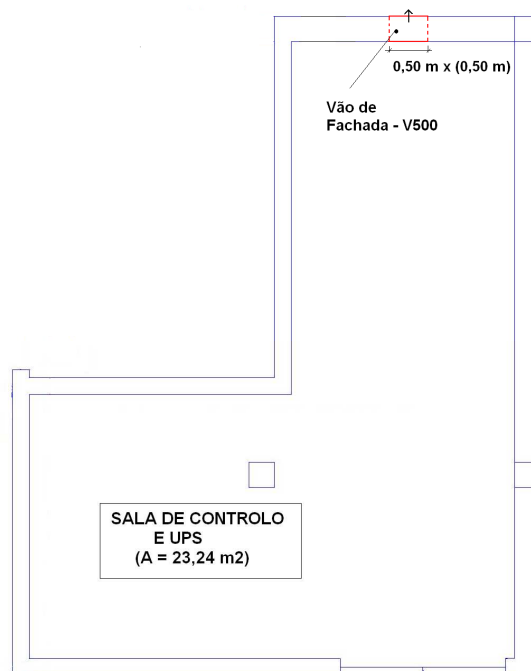
Conhecida esta dimensão e a área útil a prever para este espaço obteve-se a altura da janela necessária. Para as aberturas de saída de fumo para a *sala de atendimento*, foi aproveitada a mesma janela mas tendo em consideração que neste compartimento a sua largura é de apenas 0,80 m.

A **Figura 7.14** seguinte retrata essa janela.



**Figura 7.14** – Planta do Átrio/Recepção e Sala de Atendimento no R/C (Escala: 1/100).

Para a sala de controlo o vão de fachada de dimensões (0,50 m x 0,50 m) para saída de fumo representa-se na **Figura 7.15** seguinte.



**Figura 7.15** – Vão de fachada para saída de fumo na Sala de Controlo no R/C (Escala: 1/100).

O **Quadro 7.11** seguinte, sintetiza as soluções adoptadas para a saída de fumo em todos os compartimentos do R/C.

**Quadro 7.11** – Soluções previstas para saída de fumo nos compartimentos do R/C.

Compartimento	Área [m <sup>2</sup> ]	A <sub>ui</sub> [m <sup>2</sup> ]	Solução Adoptada [L (m) x H (m)]	A <sub>ui</sub> instalada [m <sup>2</sup> ]	Montagem
Matérias-primas Inflamáveis	193,00	1,18	5 Vãos de fachada (1,50 x 0,50)	1,20	Ver Figura 7.12
Arquivo de Chapas	216,00	1,32	6 Vãos de fachada (1,40 x 0,50)	1,38	Ver Figura 7.12 (Corte A – A')
Montagem/Transporte	317,00	1,93	10 Vãos de fachada (1,20 x 0,50)	2,00	Ver Figura 7.12 (Corte A – A')
Vestiário (homem) + W.C. (homem)	109,20	0,13	3 Vãos de fachada (1,20 x 0,50)	0,14	Ver Figuras 7.12 (Corte A – A')
Gabinete Médico	13,20	0,07	1 Vão de fachada (0,50 x 0,50)	0,16	Ver Figura 7.12 (Corte A – A')
Vestiário (mulher) + W.C. (mulher)	32,76	0,04	1 Vão de fachada (0,50 x 0,50)	0,05	Ver Figura 7.12 (Corte A – A') e 7.13
Arquivo de Fitolitos	98,00	0,60	4 Vãos de fachada (1,00 x 0,50)	0,64	Ver Figura 7.12 (Corte A – A')
Átrio/Recepção	95,00	0,15	1 Vão de fachada (1,60 x 0,50)	0,18	Ver Figura 7.14
Sala Atendimento	12,00	0,02	1 Vão de fachada (0,80 x 0,50)	0,09	Ver Figura 7.12
Sala de Controlo	23,24	0,04	1 Vão de fachada (0,50 x 0,50)	0,06	Ver Figura 7.15

As soluções adoptadas para a saída de fumo, relativamente ao 1º andar, são traduzidas nos **Quadros 7.12 e 7.13** seguintes.

**Quadro 7.12** - Soluções adoptadas para a saída de fumo em espaços que recebem público no 1º andar.

Local	Área [m <sup>2</sup> ]	h <sub>R</sub> [m]	h <sub>LF</sub> [m]	A [m]	Classe [1, 2 ou 3]	α [%]	A <sub>UI</sub> [m <sup>2</sup> ]	Solução [L x H] [m x m]	A <sub>UI instalada</sub> [m <sup>2</sup> ]	Montagem
Expansão	242,00	3,00	2,00	1,00	1	0,17	0,16	2 Vãos (1,0 x 0,50)	0,19	Ver Figura 7.12 (Corte A – A')
Gabinete Administrativo	57,50	3,00	2,00	1,00	1	0,17	0,10	1 Exutor (1,0 x 1,0)	0,74	Ver Figura 7.21
Laboratório de Controlo e Qualidade	74,50	3,00	2,00	1,00	1	0,17	0,13	1 Exutor (1,0 x 1,0)	0,74	Ver Figura 7.22
Gabinete Direcção	144,00	3,00	2,00	1,00	1	0,17	0,24	1 Exutor (1,0 x 1,0)	0,74	Ver Figura 7.23
Secretaria	19,00	3,00	2,00	1,00	1	0,17	0,03	1 Vão (0,40 x 0,50)	0,09	Ver Figura 7.12 (Corte A – A') e 7.17
Sala Polivalente	191,00	3,00	2,00	1,00	1	0,17	0,32	2 VÃOS (1,0 x 0,50)	0,33	Ver Figura 7.12 (Corte A – A') e 7.19
Gabinete Atendimento	23,00	3,00	2,00	1,00	1	0,17	0,04	1 Vão (0,40 x 0,50)	0,07	Ver Figura 7.20
Gabinete Atendimento	23,00	3,00	2,00	1,00	1	0,17	0,04	1 Vão (0,40 x 0,50)	0,07	Ver Figura 7.20
Sala de Reuniões	22,50	3,00	2,00	1,00	1	0,17	0,04	1 Vão (0,40 x 0,50)	0,07	Ver Figura 7.18



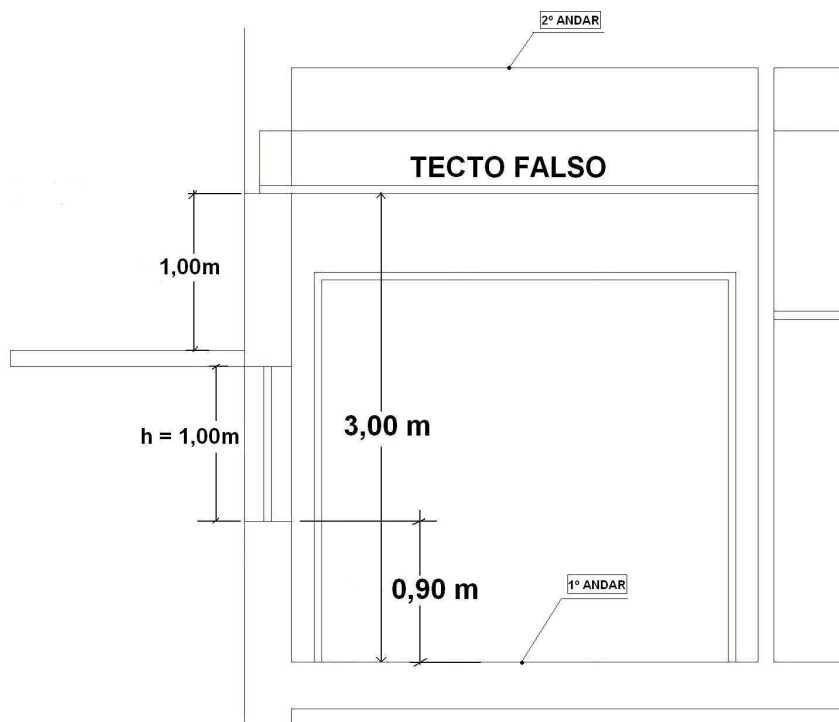
**Quadro 7.13** - Solução adoptada para a saída de fumo no espaço destinado a arquivo no 1º andar.

Local	Área [m <sup>2</sup> ]	h <sub>R</sub> [m]	Altura Armazenamento [m]	h <sub>LF</sub> [m]	A [m]	Risco	α (%)	A <sub>UI</sub> [m <sup>2</sup> ]	Solução [L x H] [m x m]	A <sub>UI</sub> instalada [m <sup>2</sup> ]
Arquivo Morto	80,30	3,80 *	3,00	3,00	0,80	RMP B2 (GR3)	0,61	0,49	2 Vãos (1,20 x 0,50)	0,52

\* O **Quadro 3.4** que permite obter a taxa desenfumagem  $\alpha$  inicia-se para um valor mínimo da altura de referência igual a 4,00 m e para uma altura de fumo 1,00 m ou seja 3,00 m livres de fumo. Uma vez que a altura de referência de 3,80 m é próxima dos 4,00 m usando o valor da taxa de desenfumagem desta altura para a de 3,80 m (a existente no local) salvaguarda-se a segurança. Se para 4,00 m de altura de referência com 1,00 m de espessura de fumo, a taxa de desenfumagem terá de garantir uma altura sem fumo de 3,00 m, para a altura de 3,80m usando a mesma taxa de desenfumagem, garante-se igualmente 3,00 m livres de fumo.

No compartimento *Expansão* existe uma janela na fachada de 1,00 m de altura, que não foi aproveitada para abertura de saída de fumo uma vez que a sua parte superior se situa a 1,90 m do pavimento, não se garantindo a imposição regulamentar de a parte inferior, no mínimo distar 1,80 m do pavimento.

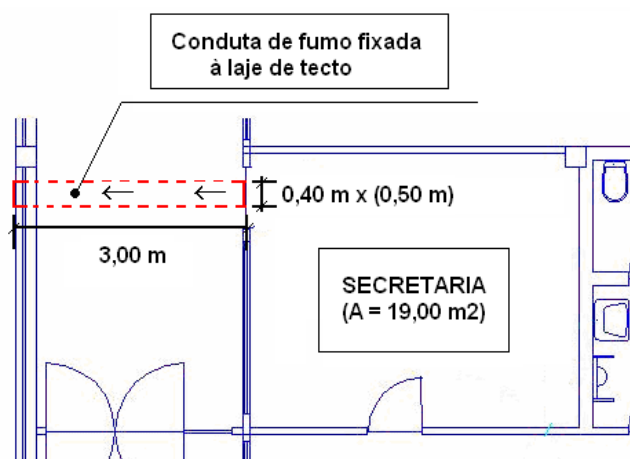
Foram por isso dimensionados vãos de fachada colocados acima da pala e abaixo do tecto falso e que no máximo poderão ter uma altura de 1,00 m, já que é a altura que de acordo com a **Figura 7.16** em baixo se dispõe. Considerou-se que o tecto falso não permite a passagem de fumo, isto é, é perfeitamente impermeável.



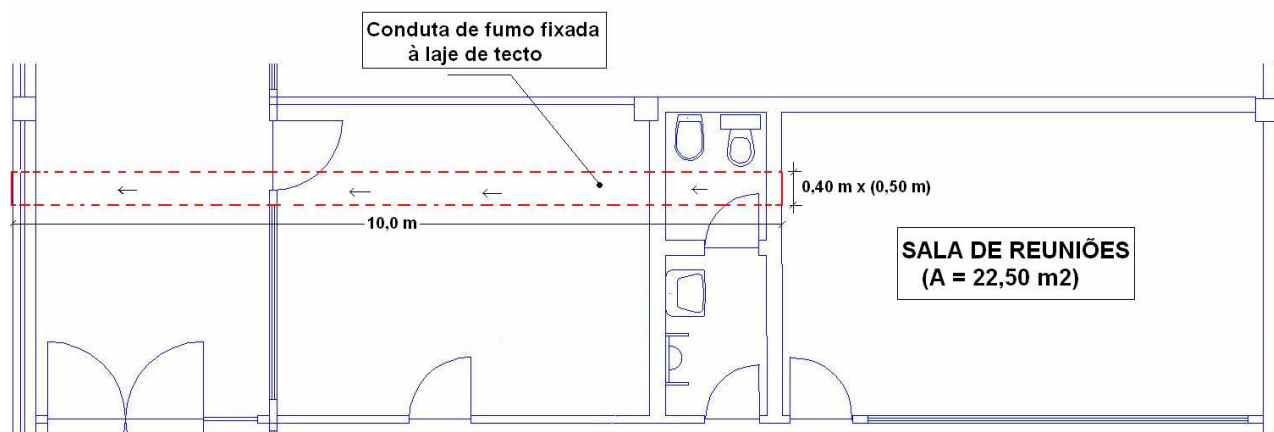
**Figura 7.16** – Corte A -A' no 1º Andar (Escala 1/50).

Para o compartimento *secretaria* e *sala de reuniões* houve necessidade de dimensionar condutas de fumo na medida em que estes locais não possuem qualquer parede em contacto com exterior.

Foram dimensionadas condutas com as características e material já descrito para a **Figura 7.13**, a colocar junto ao tecto falso a uma altura de 3,00 m do pavimento com as dimensões transversais de  $L = 0,40$  m e  $H = 0,50$  m conforme **Figura 7.17** e **Figura 7.18**.

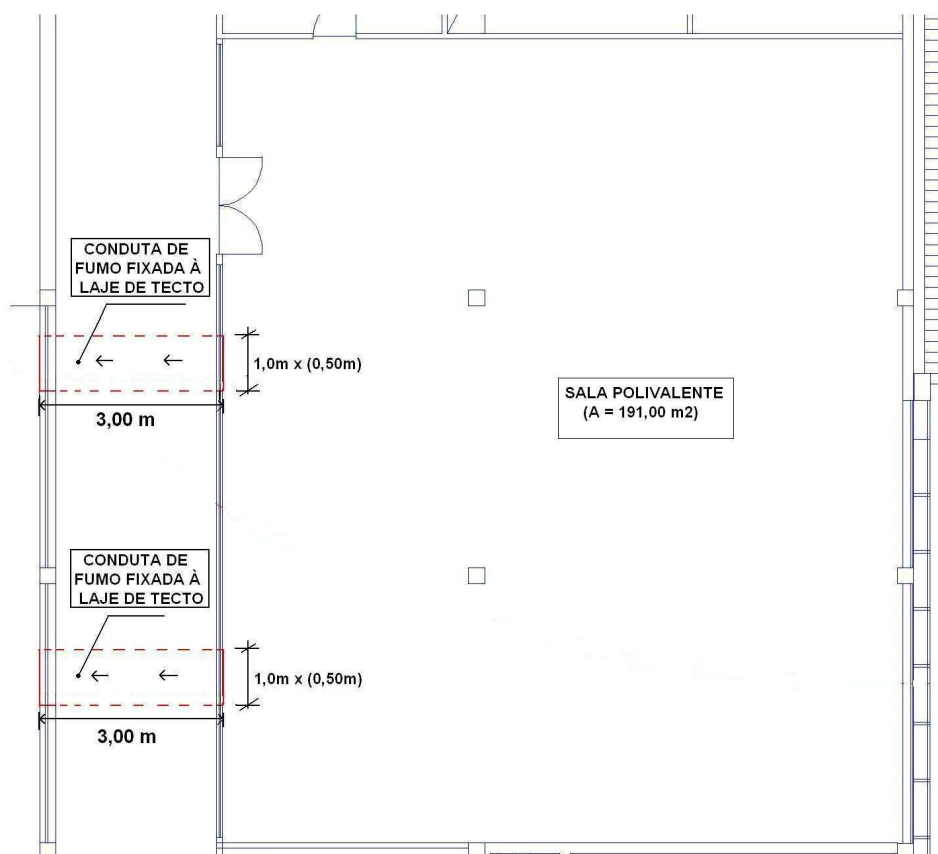


**Figura 7.17** – Conduta de extracção de fumo para secretaria no 1º Andar (Escala 1/100).



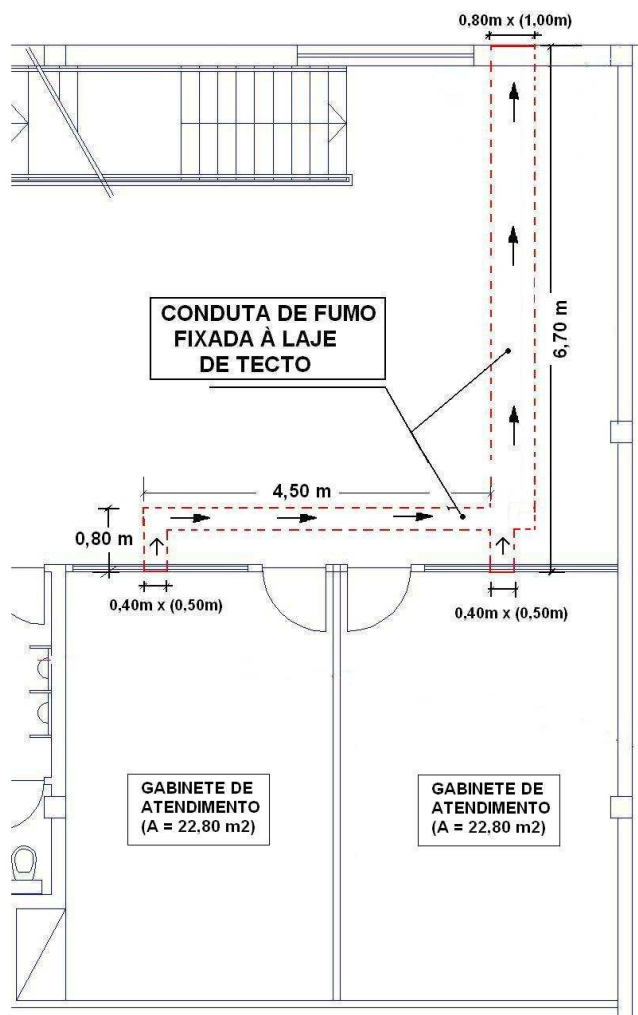
**Figura 7.18** – Conduta de extração de fumo para a sala de reuniões no 1º Andar (Escala 1/100).

Para o compartimento *sala polivalente* a solução proposta é idêntica, foram dimensionadas duas condutas de extração, as quais de ilustram na **Figura 7.19**. Cada conduta terá de 3,00 m de comprimento, que é a distância desde a parede do compartimento à fachada onde se pode fazer a extração do fumo, e dimensões transversais de (L = 1,00 m x H = 0,50 m). As condutas andarão junto ao tecto falso a uma altura de 3,00 m do pavimento.



**Figura 7.19** – Condutas de extração de fumo para Sala Polivalente no 1º Andar (Escala: 1/100).

Para cada *gabinete de atendimento* foi dimensionada uma conduta de extracção de fumo convergindo para uma única conduta até ao exterior. A conduta apresenta um comprimento total de 13,00 m e com dimensões transversais de ( $L = 0,40\text{ m} \times H = 0,50\text{ m}$ ) para as condutas individuais e ( $L = 0,80\text{ m} \times H = 1,00\text{ m}$ ) para a colectiva. As condutas andam junto ao tecto falso a uma altura de 3,00 m relativamente ao pavimento. A **Figura 7.20** ilustra as condutas previstas.



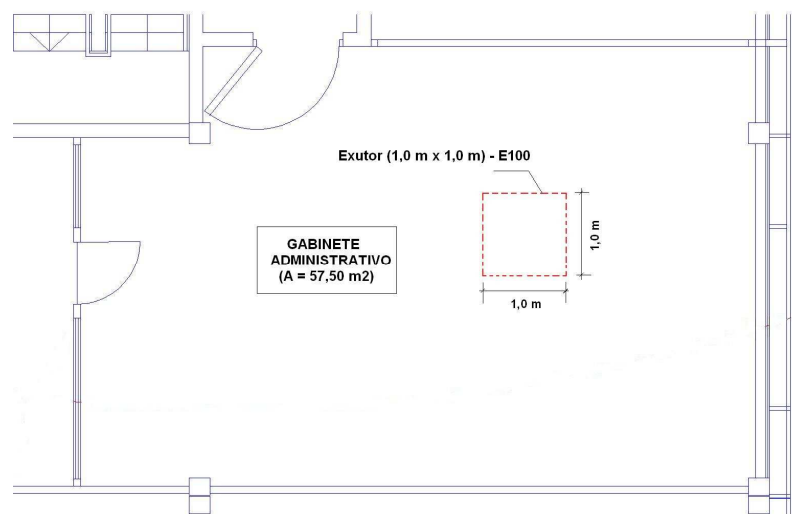
**Figura 7.20** – Condutas de extracção de fumo para os dois Gabinete de Atendimento no 1º Andar. Condutas individuais e colectiva (Escala: 1/100).

Para os compartimentos *gabinete administrativo*, *laboratório de controlo e qualidade* e *gabinete de direcção*, foram previstos exdutores para a saída de fumo. A sua montagem está condicionada às disposições regulamentares enunciadas em **3.8.1**.

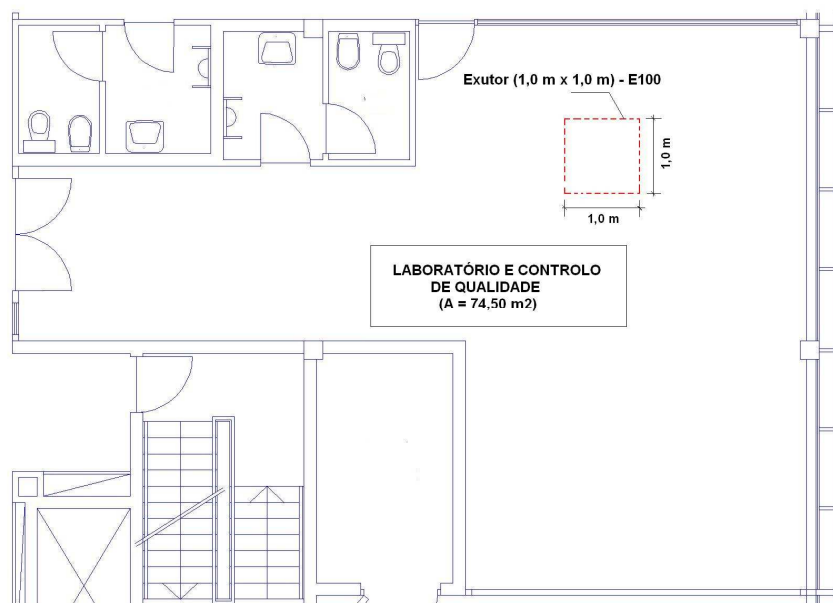
Atendendo a que o projecto de arquitectura previa para efeitos de iluminação clarabóias colocadas no tecto, estas foram aproveitadas acumulando a função de desenfumagem dos espaços já que se as suas dimensões permitem obter a área necessária à saída de fumo obtida em cálculo.

Como a cobertura é horizontal a distância medida em planta de um ponto do local ao exutor de evacuação de fumo, deve corresponder à menor das distâncias: 30 m ou sete vezes o pé-direito de referência do local. Para os três espaços corresponde a  $7 \times 3,0\text{ m} = 21,0\text{ m}$ .

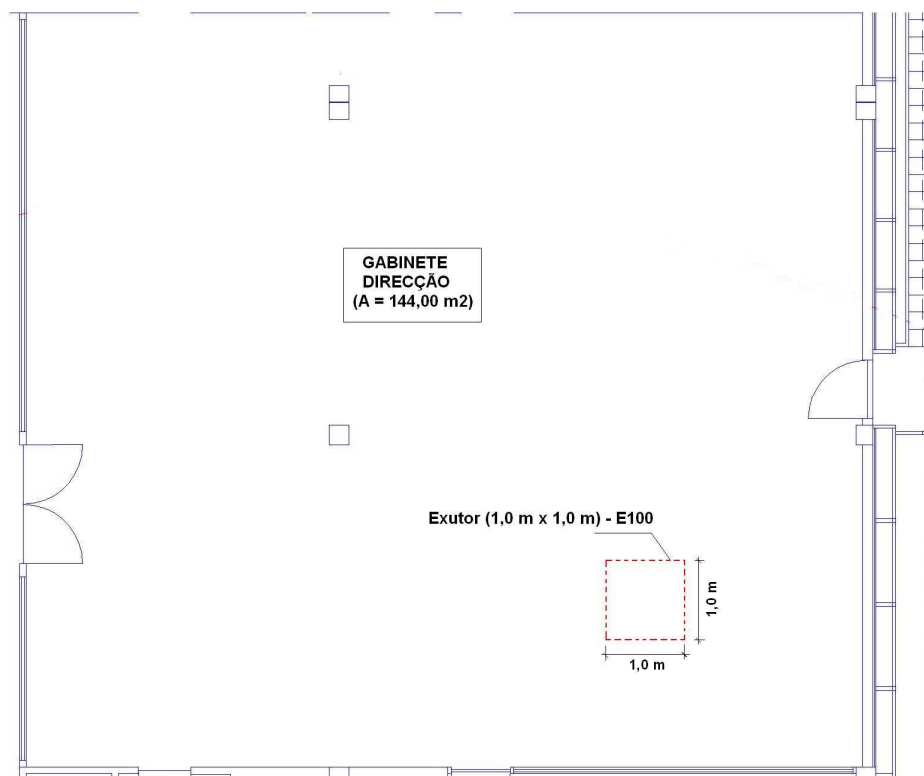
As Figuras 7.21, 7.22 e 7.23 seguintes ilustram a colocação dos respectivos exdutores.



**Figura 7.21** – Exutor previsto para o gabinete administrativo (Escala: 1/100).



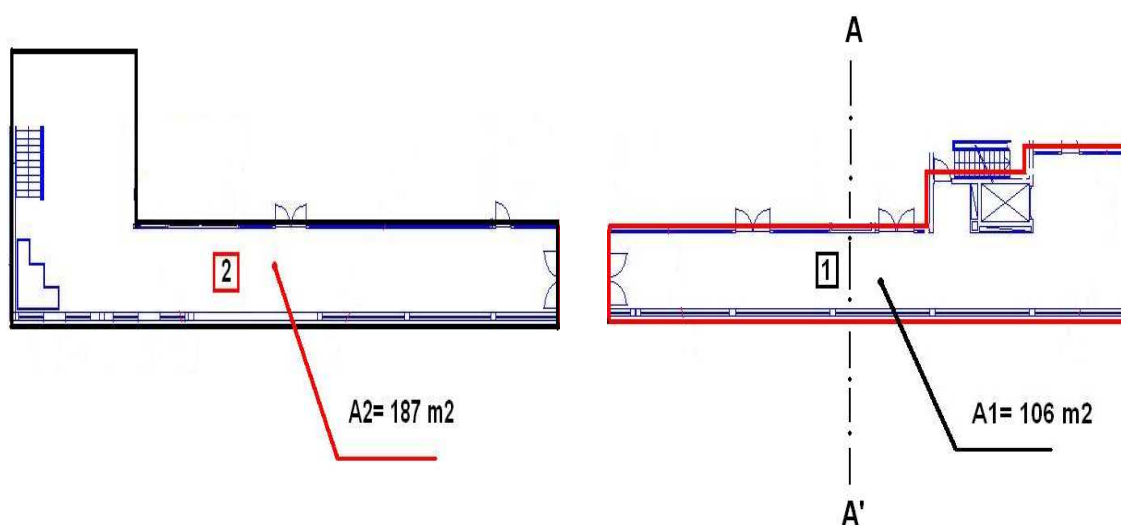
**Figura 7.22** – Exutor previsto para o laboratório de controlo e qualidade (Escala: 1/100).



**Figura 7.23** – Exutor previsto para o gabinete direcção (Escala: 1/100).

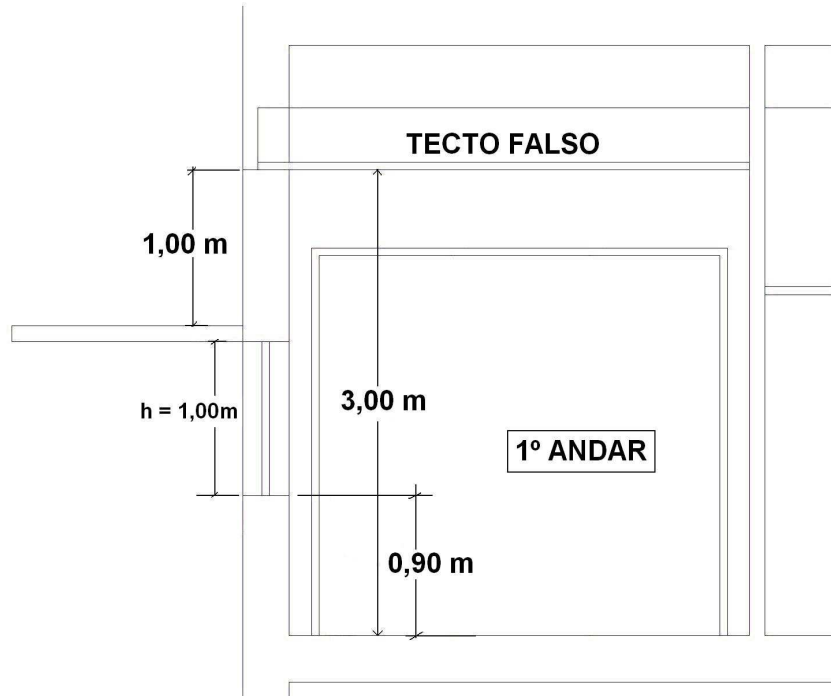
Optou-se pela desenfumagem passiva para o corredor, já que este apresenta altura constante e igual a 3,00 m, ou seja, não representa uma grande altura e por outro lado verifica-se a possibilidade de realizar na parede exterior aberturas para a saída de fumo. O dimensionamento das aberturas para saída de fumo foi feito de acordo com o exposto em 3.4.5.

O corredor foi dividido em duas partes (A1 e A2) para efeito de desenfumagem já que existe uma porta que separa fisicamente o corredor em dois locais, entre os quais não é possível a propagação de fumo. A Figura 7.24 ilustra a divisão considerada e as respectivas áreas.



**Figura 7.24** – Planta do corredor no 1º andar.

O corte A-A' (ver **Figura 7.25**) permite a execução das aberturas para saída de fumo através de vãos de fachada, localizados acima da pala, dispondo-se de uma altura máxima de 1,00 m. As aberturas para a saída de fumo devem estar localizadas totalmente na zona enfumada para que a extracção possa ser garantida.



**Figura 7.25** – Corte A-A' pelo 1º andar (Escala 1/50).

Relativamente à parte  $A_1$  do corredor de área  $106,00 \text{ m}^2$ , foi tido em consideração a sua altura de referência  $h_R = 3,00 \text{ m}$  adoptando uma altura livre de fumo  $h_{LF} = 2,00 \text{ m}$ . O espaço pertence à

classificação de risco classe 1, que com base no **Quadro 3.6** se obteve  $h_R = 3,00 \text{ m} \longrightarrow h_{LF} = 2,00 \text{ m} \xrightarrow{\text{Classe 1}} \alpha = 0,17$ . A área útil foi obtida pela expressão **3.22**,

$A_{UI} = \min \left\{ 0,180 \text{ m}^2; 0,530 \text{ m}^2 \right\} = 0,180 \text{ m}^2$ . A instalação será feita abaixo da altura de referência

do local pelo que o coeficiente de montagem assume o valor  $\mu_v = \sqrt{1 + \frac{(-0,60)}{1,00}} = 0,63$ .

Optando por aberturas de  $0,80 \text{ m} \times 0,80 \text{ m}$  de área geométrica  $A_{GV} = 0,64 \text{ m}^2$  que afectada pelo coeficiente aerodinâmico  $\lambda_v = 0,65$  e coeficiente de montagem  $\mu_v = 0,63$ , origina uma área útil para a abertura igual a  $0,26 \text{ m}^2$ . O número de vãos a instalar para perfazer esta área é igual a

$$n = \frac{0,180 \text{ m}^2}{0,26 \text{ m}^2} = 0,7 \Rightarrow 1 \text{ Vão } (0,80 \text{ m} \times 0,80 \text{ m}).$$

As aberturas para a saída de fumo devem ter uma área livre mínima de  $0,10 \text{ m}^2$  por unidade de passagem de largura da via. O corredor apresenta uma largura de  $3,00 \text{ m}$  o que implica que a unidade de passagem é igual a  $UP = \left\{ \frac{L_{cor}}{0,60} \right\} = \frac{3,00\text{m}}{0,60} = 5$ . Isto obriga a que as aberturas para saída de fumo tenham no mínimo, uma área livre mínima, de  $0,50 \text{ m}^2$  o que se verifica já que  $0,80 \text{ m} \times 0,80 \text{ m} = 0,64 \text{ m}^2 \geq 0,50 \text{ m}^2$ .

No entanto, a distância máxima, medida segundo o eixo de circulação, entre duas aberturas consecutivas de evacuação e extracção de fumo não deve exceder os  $10,0 \text{ m}$  pelo que será necessário instalar mais do que um vão.

Serão instaladas 2 aberturas de  $0,80 \text{ m} \times 0,80 \text{ m}$  tendo em consideração que o espaçamento máximo entre elas. Obtém-se assim uma área útil instalada igual a  $0,52 \text{ m}^2$  superior aos  $0,18 \text{ m}^2$  necessários via cálculo.

Para a parte  $A_2$  do corredor apresenta-se no **Quadros 7.14** a solução proposta para a saída de fumo.

**Quadro 7.14** - Solução adoptada para a saída de fumo na parte  $A_2$  do corredor , 1º andar.

Corredor	Área [m <sup>2</sup> ]	$h_R$ [m]	$h_{LF}$ [m]	A [m]	Classe	$\alpha$ [%]	$A_{UI}$ [m <sup>2</sup> ]	Solução [L (m) x H (m)]	$A_{U\text{instalada}}$ [m <sup>2</sup> ]	Montagem
										Ver
$A_2$	187	3,00	2,00	1,00	1	0,17	0,32	3 Vãos (0,80 x 0,80)	0,78	Figura 7.28

O **Quadro 7.15** sintetiza as soluções adoptadas para desenfumagem dos espaços no 1º andar.



**Quadro 7.15** – Síntese das soluções propostas para saída de fumo do 1º Andar.

Compartimento	Área [m <sup>2</sup> ]	A <sub>UI</sub> [m <sup>2</sup> ]	Solução [L (m) x H (m)]	A <sub>UI</sub> Instalada [m <sup>2</sup> ]	Montagem
Arquivo Morto	80,30	0,49	2 Vãos (1,20 x 0,50)	0,52	Ver Figura 7.12 (Corte A – A')
Expansão	242,00	1,21	2 Vãos (1,00 x 0,50)	1,47	Ver Figura 7.12 (Corte A – A')
Gabinete Administrativo	57,50	0,10	1 Exutor (1,00 x 1,00)	0,74	Ver Figura 7.21
Laboratório e Controlo de Qualidade	74,50	0,13	1 Exutor (1,00 x 1,00)	0,74	Ver Figura 7.22
Gabinete Direcção	144,00	0,24	1 Exutor (1,00 x 1,00)	0,74	Ver Figura 7.23
Secretaria	19,00	0,03	1 Vão e 1 Conduta (0,40 x 0,50)	0,07	Ver Figuras 7.12 (Corte A – A') e 7.17
Sala Polivalente	191,00	0,32	2 Bocas de (1,00 x 0,50) cada e 2 Condutas de (1,00 x 0,50) cada	0,33	Ver Figura 7.19
Sala de Reuniões	22,50	0,04	1 Vão e 1 Conduta (0,40 x 0,50)	0,07	Ver Figura 7.18
Gabinete de Atendimento	23,00	0,04	1 Boca (0,40x0,50) e 1 Conduta (0,40x0,50)	0,07	Ver Figura 7.20
Gabinete de Atendimento	23,00	0,04	1 Boca (0,40x0,50) e 1 Conduta (0,40x0,50)	0,07	Ver Figura 7.20
Corredor (A <sub>1</sub> )	106,00	0,18	3 Vãos (0,80 x 0,80)	0,79	Ver Figura 7.29
Corredor (A <sub>2</sub> )	187,00	0,32	5 Vãos (0,80 x 0,80)	1,30	Ver Figura 7.28

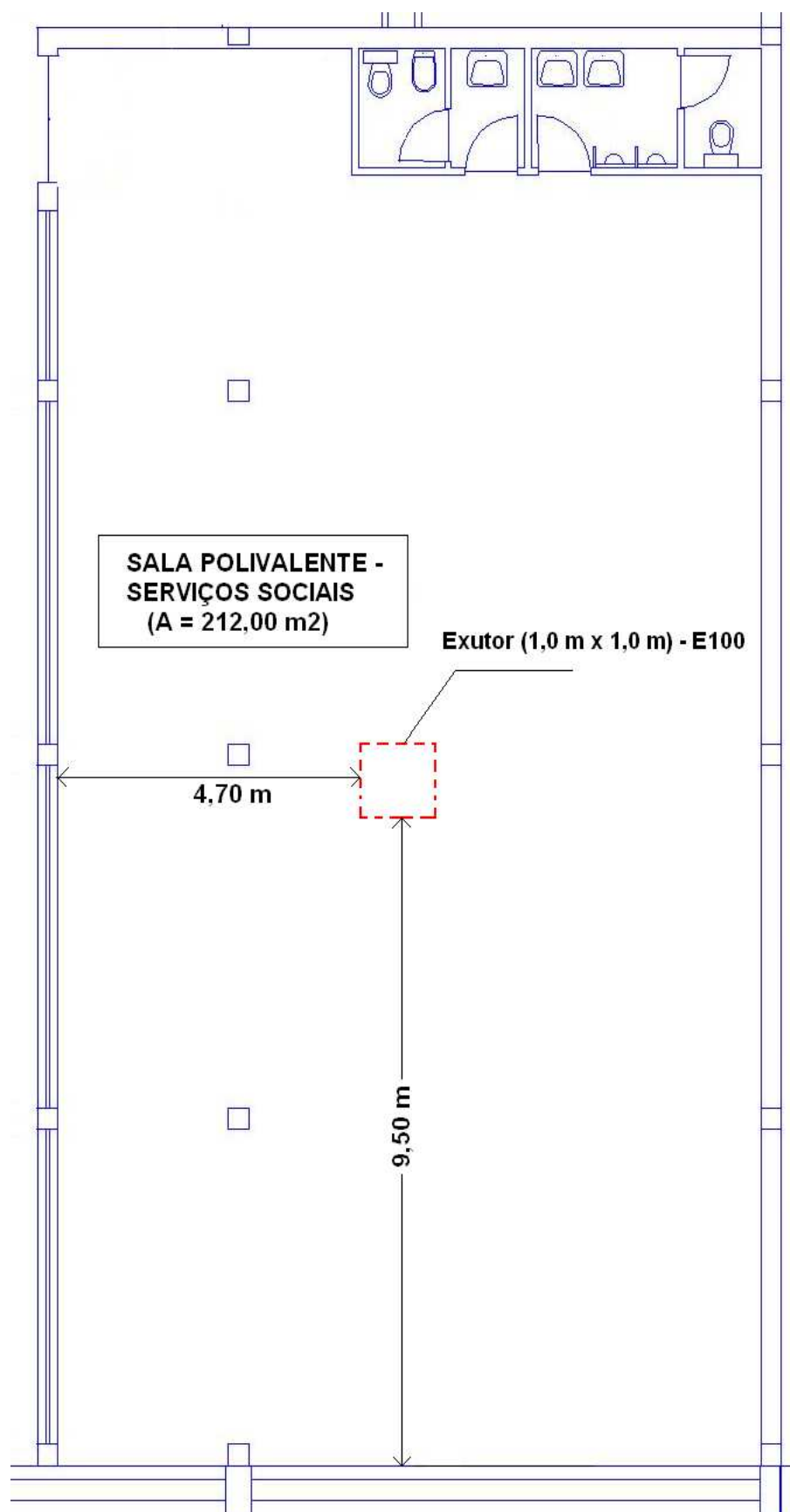
No 2º andar foram previstas aberturas para a saída de fumo para os seguintes espaços: *sala polivalente* destinada a serviços sociais com 212,00 m<sup>2</sup> de área, *cantina + cozinha geral* com 351,50 m<sup>2</sup> de área, e *caixa de escadas* a qual permite o acesso até 2º andar.

O **Quadro 7.16** seguinte ilustra as soluções previstas para a saída de fumo para o 2º andar.

**Quadro 7.16** – Síntese das soluções propostas para saída de fumo do 2º Andar.

Local	Área [m <sup>2</sup> ]	h <sub>R</sub> [m]	h <sub>LF</sub> [m]	A [m]	Classe	α [%]	A <sub>UI</sub> [m <sup>2</sup> ]	Solução [L (m) x H (m)]	A <sub>Uinstalada</sub> [m <sup>2</sup> ]	Montagem
Sala Polivalente	212,00	3,80	2,0	1,0	1	0,13	0,25	1 Exutor (1,00 x 1,00)	0,74	Ver Figura 7.26
Cozinha + Cantina	351,50	3,80	2,0	1,0	1	0,13	0,46	1 Exutor (1,00 x 1,00)	0,74	Ver Figura 7.27
Caixa de Escadas	-	-	-	-	-	-	-	1 Exutor (1,00 x 1,00)	0,74	Topo da caixa escadas

Os exutores previstos para a desenfumagem da sala polivalente e cozinha + cantina constam das **Figuras 7.26 e 7.27**.



**Figura 7.26** – Exutor para a sala polivalente, 2º andar (Escala 1/100).

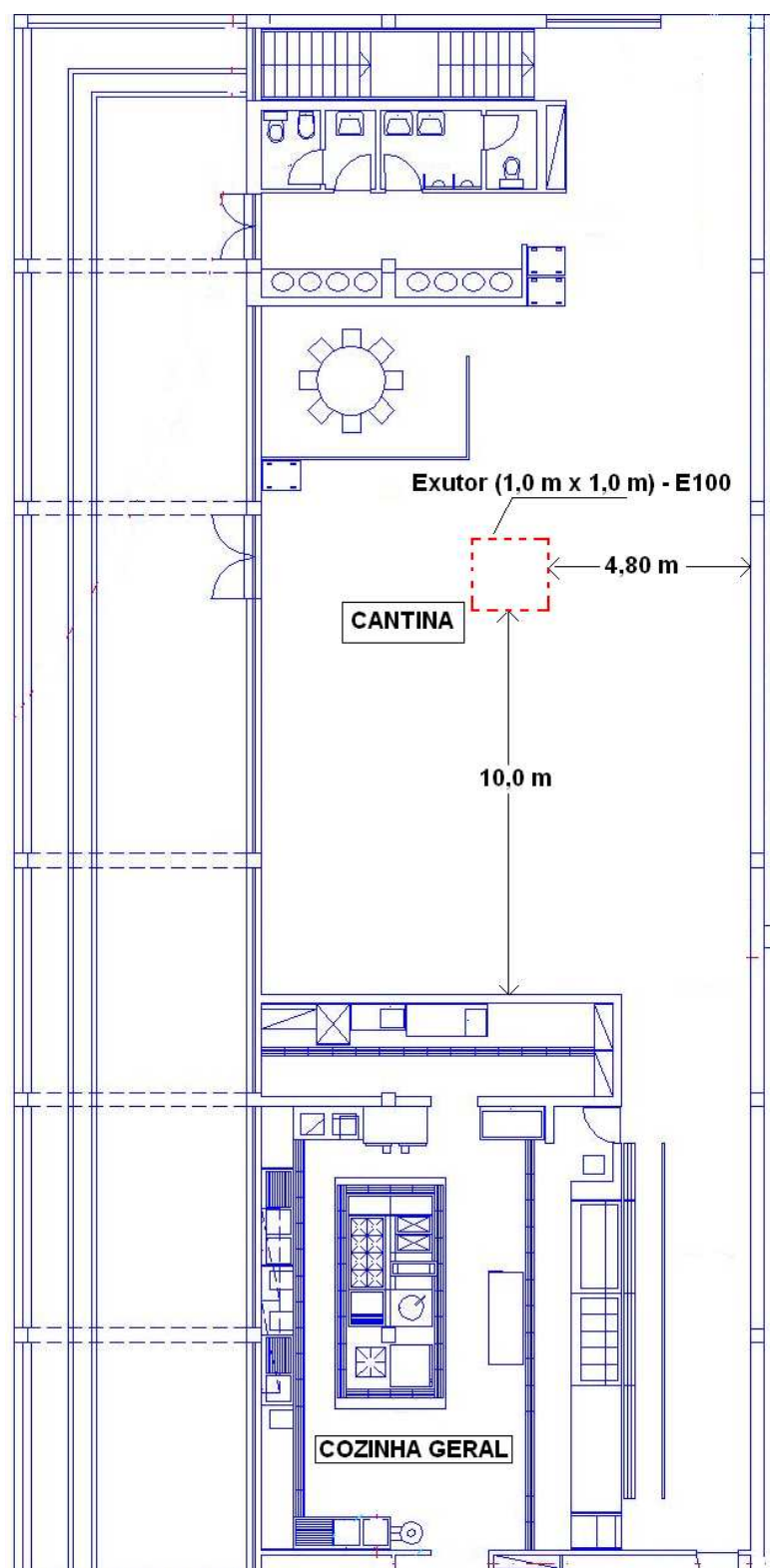


Figura 7.27 – Exutor para a cantina e cozinha geral (Escala 1/200).

De acordo com o projecto de RG – SCIE como referido em **1.6** o controlo de fumo em cozinhas deve ser efectuado por sistemas de desenfumagem activa, admite-se por isso a existência de exaustor na cozinha para evacuação de fumo.

#### 7.3.2.2. Dimensionamento das aberturas para a entrada de ar.

A área para a entrada de ar em cada compartimento é obtida considerando 60% da sua área útil instalada para a saída de fumo.

São previstas grelhas metálicas para entrada de ar fresco cujas características constam do **Quadro 7.3**. A área útil destas é obtida pela multiplicação da sua área geométrica pelo coeficiente aerodinâmico  $\lambda_v = 0,75$ . Com a área da abertura para entrada de ar fresco é escolhida a grelha que a satisfaz.

As aberturas para entrada de ar para a parte  $A_1$  do corredor não devem ser inferiores às destinadas para a saída de fumo pelo que também serão previstas 2 e distribuídas de forma alternada com as de exaustão, distanciadas entre si no máximo de 10,0 m.

A área considerada para estas foi 60% da área útil de evacuação de fumo  $A_{Entrada\ Ar} = 0,60 \times 0,52\ m^2 = 0,31\ m^2$ .

Foram previstas 2 grelhas metálicas de dimensões (0,50 m x 0,50 m) com área geométrica  $0,25\ m^2$  e área útil de  $0,25\ m^2 \times 0,75 = 0,19\ m^2$  totalizando uma área útil de  $2 \times 0,19\ m^2 = 0,38\ m^2 \geq 0,31\ m^2$ .

O **Quadro 7.17** apresenta a solução para a entrada de ar relativa à parte  $A_2$  do corredor.

**Quadro 7.17** - Solução proposta para a entrada de ar na parte  $A_2$  do corredor , 1º andar.

$A_{Entrada\ de\ Ar} = 60\% \times A_{Uinstalada}$		Solução	Montagem
Corredor	[m <sup>2</sup> ]	[L (m) x H (m)]	
			Ver
$A_2$	0,47	3 Grelhas (0,50 x 0,50)	Figura 7.28

O **Quadro 7.18** seguinte apresenta as aberturas de ar a prever para todos os compartimentos do R/C e 1º e 2º andares.

**Quadro 7.18** – Solução adoptada para a entrada de ar em todos os compartimentos do R/C, 1º e 2º andares.

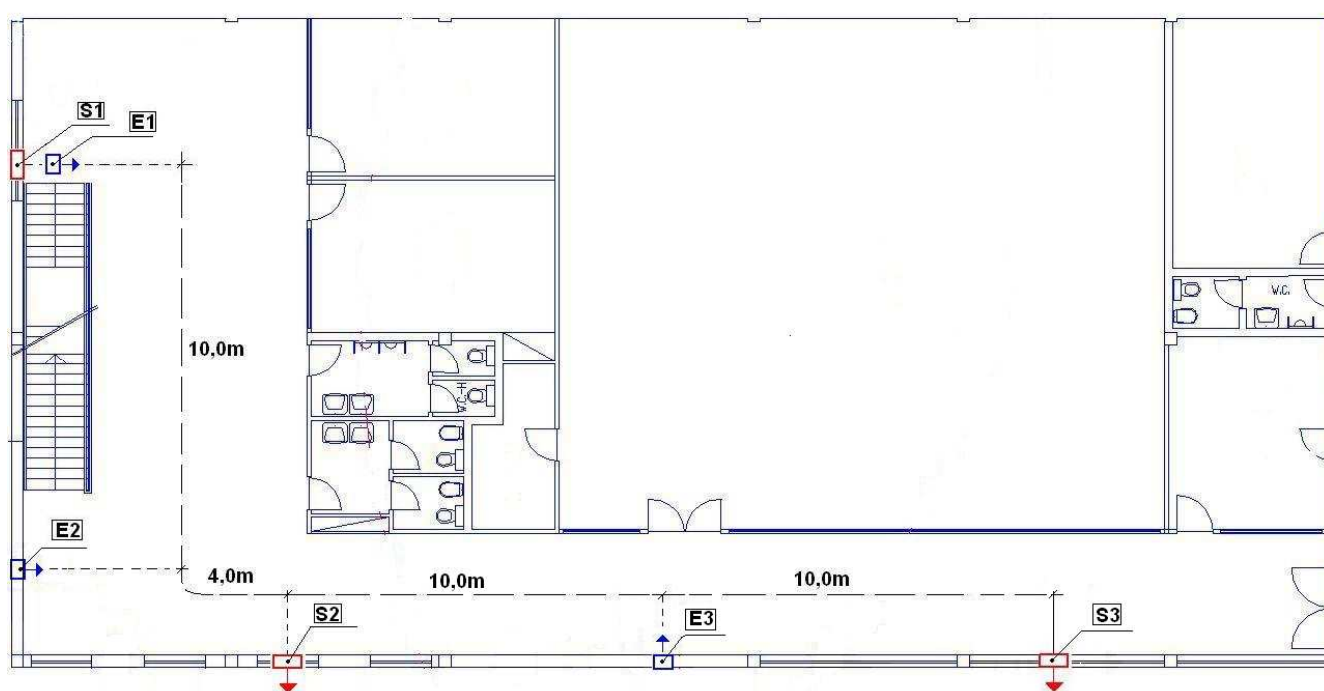
<b>Compartimento</b>	<b>A<sub>U</sub>Instalada</b> (saída fumo) [m <sup>2</sup> ]	<b>60%xA<sub>U</sub>Instalada</b> (saída fumo) [m <sup>2</sup> ]	<b>Solução</b> [L (m) x H (m)]	<b>A<sub>U</sub>Instalada</b> (entrada ar) [m <sup>2</sup> ]	<b>Montagem</b>
Matérias-primas inflamáveis	1,20	0,720	1 Grelha (1,0 x 1,0)	0,750	*
Arquivos Chapas	1,38	0,830	1 Grelha (1,1 x 1,1)	0,908	*
Montagem/Transporte	2,00	1,200	3 Grelhas (0,75 x 0,75)	1,266	*
Vestuário (homem) + W.C. (homem)	0,14	0,084	1 Grelha (0,50 x 0,50)	0,188	*
Gabinete Médico	0,16	0,096	1 Grelha (0,50 x 0,50)	0,188	*
Vestuário (mulher) + W.C. (mulher)	0,05	0,030	1 Grelha (0,50 x 0,50)	0,188	*
Arquivo Fitolitos	0,64	0,384	1 Grelha (0,75 x 0,75)	0,422	*
Átrio/Recepção	0,18	0,108	1 Grelha (0,50 x 0,50)	0,188	*
Sala Atendimento	0,09	0,054	1 Grelha (0,50 x 0,50)	0,188	*
Sala de Controlo	0,06	0,04	1 Grelha (0,50 x 0,50)	0,188	*
Arquivo Morto	0,52	0,312	1 Grelha (0,75 x 0,75)	0,422	*
Expansão	0,22	0,132	1 Grelha (0,50 x 0,50)	0,188	*
Gabinete Administração	0,74	0,444	3 Grelhas (0,50 x 0,50)	0,564	*
Laboratório e Controlo de Qualidade	0,74	0,444	3 Grelhas (0,50 x 0,50)	0,564	*
Gabinete Direcção	0,74	0,444	3 Grelhas (0,50 x 0,50)	0,564	*
Secretaria	0,05	0,030	1 Grelha (0,50 x 0,50)	0,188	*
Sala Polivalente	0,33	0,198	2 Grelhas (0,50 x 0,50)	0,376	*

**Quadro 7.18** – Solução adoptada para a entrada de ar em todos os compartimentos R/C, 1º e 2º andares (Continuação).

<b>Compartimento</b>	<b>A<sub>Uinst.alada</sub> (saída fumo) [m<sup>2</sup>]</b>	<b>60%xA<sub>Uinstalada</sub> (saída fumo) [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Solução [L (m) x H (m)]</b>	<b>A<sub>Uinst.alada</sub> (entrada ar) [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Montagem</b>
Gabinete Atendimento	0,05	0,030	1 Grelha (0,50 x 0,50)	0,188	*
Gabinete Atendimento	0,05	0,030	1 Grelha (0,50m x 0,50m)	0,188	*
Sala Polivalente	0,74	0,444	3 Grelhas (0,50 x 0,50)	0,564	*
Cantina + Cozinha	0,74	0,444	3 Grelhas (0,50 x 0,50)	0,564	*
Caixa de Escadas	1,10	-	3 Grelhas (0,75 x 0,75)	1,26	-

\* Parte superior da grelha metálica até 1,00 m do pavimento.

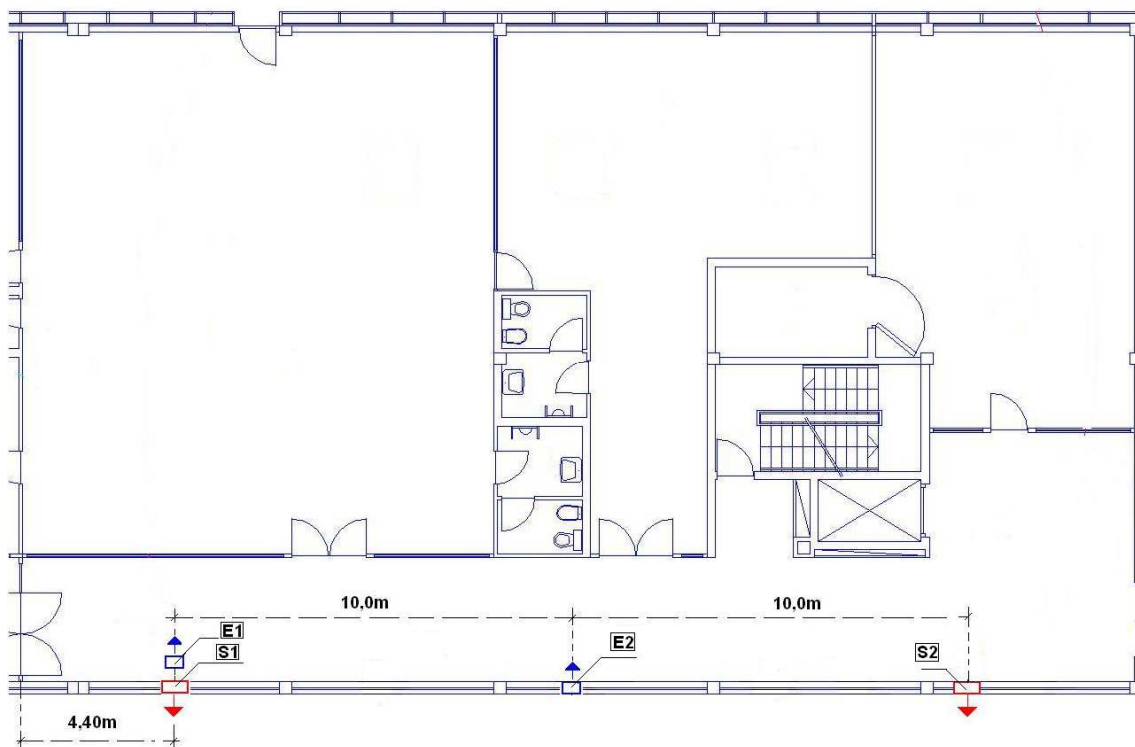
As **Figuras 7.28 e 7.29** traduzem a solução adoptada para a entrada de ar e saída de fumo da via horizontal de evacuação existente no 1º andar.



**LEGENDA:**  
S - Saída de fumo (0,80m x 0,80m)  
E - Entrada de ar (0,50m x 0,50m)  
(Escala: 1/200)

**Figura 7.28** – Desenfumagem do corredor, 1º Andar, parte A<sub>2</sub>.





**LEGENDA:**  
**S** - Saída de fumo (0,80m x 0,80m)  
**E** - Entrada de ar (0,50m x 0,50m)  
 (Escala: 1/200)

**Figura 7.29** – Desenfumagem do corredor, 1º Andar, parte A1.

### 7.3.2. ARMAZENAMENTO

Como para este espaço destinado a armazenamento e stokagem de material se prevê uma elevada densidade de carga de incêndio, devido ao armazenamento de materiais combustíveis: papel e tinta, propõe-se a montagem de exutores no topo da cobertura.

O **Quadro 3.4** usado para o dimensionamento das aberturas de saída de fumo está condicionado à altura máxima de 15,00 m pelo que não poderá ser aplicado a este local.

No entanto, na ausência de outro tipo de tabela que permita o cálculo da taxa de desenfumagem, é feita uma extrapolação do **Quadro 3.4**.

Verifica-se que para cada altura de referência  $h_R$  a primeira altura da zona enfumada  $h_F$  corresponde a metade de  $h_R$ , e que para o grau de risco mais severo (GR 7), um acréscimo de 0,50 m na altura de referência origina um aumento de 0,07 na taxa de desenfumagem  $\alpha$ , o que permite estimar para a altura de armazenamento de 26,50 m um  $\alpha$  de aproximadamente 3,00. O **Quadro 7.19** ilustra o que foi em cima exposto.

**Quadro 7.19** – Taxa de desenfumagem para zona de armazenamento (elevador monta cargas).

$h_R$	$h_F$	GR	$\alpha$
14,00	7,00	7	1,96
14,50	7,25	7	2,03
15,00	7,50	7	2,10
26,50	13,25	7	2,91

O cálculo da área útil para saída de fumo foi efectuado para um valor de  $\alpha$  igual a 3,00 e para uma altura de fumo igual a 13,25 m. A área do espaço destinado a armazenamento, obtida pelo produto das suas duas dimensões lineares,  $A = 146,80 \times 11,20 = 1644,16 m^2$  é superior a  $1600 m^2$ , no entanto, devido à impossibilidade de estabelecer cantonamento será considerado como um único cantão.

A expressão **3.12** conduz a uma área útil da instalação  $A_{UI} = 0,01 \times 3,00 \times 1644,16 = 49,32 m^2$ . O

número regular de exutores, de acordo com a expressão **3.13**, é igual a  $n_{Regular} = 0,004 \times A_{cantão} = 0,004 \times 1644,16 m^2 = 6,6 \Rightarrow 6$  Exutores, que origina uma área útil regular

para o exutor  $A_{UE,regular} = \frac{49,32 m^2}{6} = 8,22 m^2$ . Como a área regular do exutor se revela exagerada [5],

serão escolhidos exutores de dimensões (1,80 m x 1,80 m) cuja área útil é igual  $A_{UE} = 2,40 m^2$ . O

número de exutores a prever será igual  $n_E = \frac{49,32 m^2}{2,40 m^2} = 20,5 \Rightarrow 21$  Exutores (1,80 m x 1,80 m) que

perfazem uma área útil instalada  $A_{UInstalada} = 21 \times 2,40 = 50,40 m^2 \geq 49,32 m^2$ .

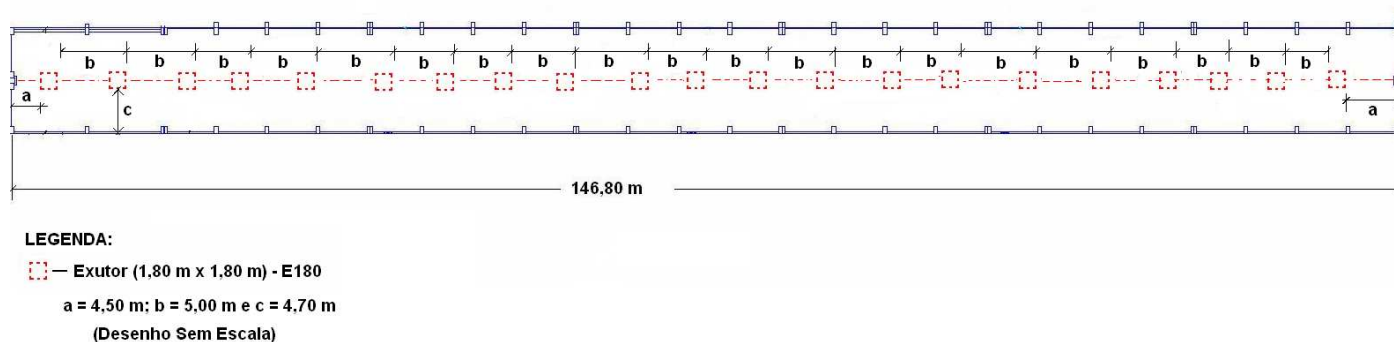
A **Figura 7.30** ilustra a distribuição dos exutores dimensionados.

Relativamente à área para entrada de ar neste espaço uma vez mais se considerou 60 % da área útil instalada para a saída de fumo [1], o que dá origem  $A_{entrada\ ar} = 0,60 \times 50,40m^2 = 30,24m^2$ . A

colocação de 12 vãos na parede exterior de dimensões (2,00 m x 2,00 m) com uma área útil de 2,60 m<sup>2</sup> cada, permite totalizar a área de 31,20 m<sup>2</sup> para insuflação de ar.

No entanto, admite-se que a entrada de ar fresco para este espaço possa ser conseguida pelo interior da nave, o que dispensa a colocação dos vãos na parede exterior.

A solução de desenfumagem proposta para este local de armazenamento através de elevadores montacargas, destina-se em caso de incêndio a reduzir a propagação do mesmo aos materiais adjacentes, uma vez que não há circulação de pessoas no seu interior.



**Figura 7.30** – Exdutores propostos para o espaço de armazenamento elevatório (Sem escala).

## 7.4.CONCLUSÕES

O projecto de RG – SCIE prevê no Capítulo IV no Artigo 152º (Critérios de Segurança) que os edifícios devem ser dotados de meios que promovam a libertação para o exterior do fumo e gases tóxicos ou corrosivos, de forma a limitar a contaminação e a temperatura dos espaços, apresentando no artigo 154º os locais para os quais se exige estabelecimento de instalações de controlo de fumo.

Relativamente aos métodos de controlo de fumo, varrimento (passivo ou activo) e hierarquia de pressões, o regulamento estabelece as disposições construtivas que cada um deles deve respeitar, sendo no entanto omissos em alguns aspectos de dimensionamento, daí a consulta de normas e regras em vigor em França.

O projecto de RG – SCIE fornece alguma liberdade perante a escolha do método do controlo de fumo adoptando deixando alguma margem de manobra ao projectista face ao tipo de solução a prever para o edifício em estudo, o que de certa forma conduz a soluções não únicas, e nas quais se torna possível a conjugação da eficácia aliada à economia da solução prevista.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Duarte Ramos H., *Sopros de Risco: Teoria e Prática do Controlo de Fumo em Incêndios nos Edifícios*, Lisboa, Hader, 2003.
- [2] Duarte Ramos H., Porto J.L., “CONFÉ – Sistema de Controlo de Fumo em Edifícios”, Conferência, Lisboa 6 – 10 Maio 2002.
- [3] J.A. Wild, *Fans in Fire Safety – Smoke Control by Pressurisation*, November 1998.
- [4] Klote J.H., *Smoke Control – Handbook of Fire Protection Engineering*, 2<sup>nd</sup> Edition, Chapter 12, Section 4, 4/230-245.
- [5] *Assemblée Plénière Des Sociétés D’ Assurances Contre L’incendie et Les Risques Divers – Règles Relatives a la Conception et a L’installation D’Exutoires de Fumée et De Chaleur*, Edition: Mai 1980.
- [6] Harrison, R., *Smoke Control in Atrium Buildings – A study of the Thermal Spill Plume*. Dissertação de Mestrado em Engenharia, Department of Civil Engineering University of Canterbury, July 2004.
- [7] Viegas J.C., Saraiva J.G., *CFD of Smoke Control Inside Enclosed Car Parking Using Jet Fans*, LNEC.
- [8] Beitel J.J., Wakelin A.J., Beyler C.L., *Analysis Of Smoke Movement In a Building Via Elevator Shafts*, March 2000.
- [9] Neto M.A., *Condições de Segurança em Incêndio*, Brasília 1995.
- [10] Viegas J.C., Saraiva J.G., *Controlo de Fumo em Edifícios*, Cadernos Edifícios, número 01, Junho 2002.
- [11] Projecto de Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RG – SCIE).
- [12] *Circulaire du 7 Juin 1974 Relative au Désenfumage Dans Les Immeubles de Grande Hauteur: 7 Juin 1974*, Paris.
- [13] *Circulaire du 21 de Juin 1982 complétant la circulaire du 3 mars 1982 relative aux instructions techniques prévues dans le règlement de sécurité des établissements recevant du public: 21 de Juin*, Paris.
- [14] OBL, Sistemas de desenfumagem e ventilação naturais, Participação para a divulgação da desenfumagem. ([www.obl.pt](http://www.obl.pt)) – 2º Semestre de 2007
- [15] Porto J.L., Apontamentos da cadeira “Segurança Contra Incêndios em Edifícios”, 2008.
- [16] [www.smokecontrol.com](http://www.smokecontrol.com) – 2º Semestre de 2007
- [17] [www.coltgroup.com](http://www.coltgroup.com) – 2º Semestre de 2007















